

**Centro de Investigación Científica y de Educación  
Superior de Ensenada, Baja California**



**Doctorado en Ciencias  
en Ciencias de la Computación**

---

**Robot conversacional como apoyo a intervenciones  
no farmacológicas para adultos mayores con  
demencia**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
Doctor en Ciencias

Presenta:

**Dagoberto Cruz Sandoval**

Ensenada, Baja California, México

2020

Tesis defendida por

**Dagoberto Cruz Sandoval**

y aprobada por el siguiente Comité

---

Dr. Jesús Favela Vara

Director de tesis

Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinoza

Dr. Ubaldo Ruiz López

Dr. Alberto Leopoldo Morán y Solares



---

Dr. Israel Marck Martínez Pérez

Coordinador del Posgrado en Ciencias de la Computación

---

Dra. Rufina Hernández Martínez

*Directora de Estudios de Posgrado*

*Dagoberto Cruz Sandoval © 2020*

*Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis*

Resumen de la tesis que presenta Dagoberto Cruz Sandoval como requisito parcial para la obtención del grado de Doctor en Ciencias en Ciencias de la Computación.

## **Robot conversacional como apoyo a intervenciones no farmacológicas para adultos mayores con demencia**

Resumen aprobado por:

---

Dr. Jesús Favela Vara

Director de tesis

Los robots de asistencia social (RAS) hacen uso de estrategias como comunicación verbal, expresiones faciales y lenguaje corporal, para proporcionar estimulación social en un contexto de cuidado de salud específico. En el ámbito de la demencia, se han empezado a utilizar RAS como parte de intervenciones no farmacológicas (INFs) para estimular cognitiva y socialmente al adulto mayor con demencia (AcD). La mayoría de estas iniciativas utilizan RAS basados en estrategias de estimulación táctil y visual con una retroalimentación limitada del robot (e.g., robot PARO). Aunque estas intervenciones han comprobado traer beneficios al AcD, existen escasos estudios que evalúen la eficacia de un RAS basado en comunicación verbal. Lo anterior presenta una oportunidad, ya que la comunicación verbal es la principal forma de interacción con el AcD, y muchas de las estrategias para interactuar, socializar, distraer y calmar al AcD se basan en este tipo de comunicación. Este trabajo de tesis tiene como objetivo el diseño e implementación de un robot conversacional para conducir una INF, así como evaluar su impacto en el comportamiento diario de los AcD. El trabajo estuvo organizado en tres etapas: adopción, autonomización e impacto. Las dos primeras enfocadas al diseño e implementación, y la tercera a la evaluación del impacto del uso del robot conversacional en el comportamiento diario del AcD. Los resultados de las dos primeras etapas muestran evidencia de que el AcD puede engancharse y disfrutar de una sesión interactiva con un robot conversacional, llamado Eva, tanto con una versión controlada por un humano (etapa de adopción) como con una versión autónoma (etapa de automatización). En la última etapa se diseñó una INF basada en una terapia de estimulación cognitiva compuesta por 14 sesiones grupales con un total de 8 AcD. Mediante un enfoque mixto se comparó una línea base contra la evaluación post-intervención. El análisis cuantitativo muestra una disminución estadísticamente significativa en la frecuencia y severidad de comportamientos relacionados con la demencia y un incremento en los índices de calidad de vida de los participantes. Mientras que los resultados cualitativos muestran que todos los participantes exhiben un impacto positivo en su estado de ánimo, lo que conlleva a una mejora estadísticamente significativa en materia de cooperación y socialización durante las horas posteriores a una sesión. Los resultados del trabajo muestran evidencia de que un RAS puede establecer una comunicación verbal efectiva con los AcDs. Además, los resultados sugieren que un RAS de este tipo puede ser utilizado como apoyo a INFs, las cuales pueden tener un impacto positivo en el comportamiento diario del AcD.

**Palabras clave: Robots de asistencia social, robot conversacional, adultos mayores con demencia, intervenciones no farmacológicas**

Abstract of the thesis presented by Dagoberto Cruz Sandoval as a partial requirement to obtain the Doctor of Science degree in Computer Science.

## **Conversational robot to support non-pharmacological interventions for people with dementia**

Abstract approved by:

---

Dr. Jesús Favela Vara  
Thesis Director

Socially assistive robots (SARs) use strategies such as verbal communication, facial expressions, and body language to provide social stimulation in a specific healthcare context. In the scope of dementia, SARs have been used as an element of non-pharmacological interventions (NPIs) to provide cognitive and social stimulation to people with dementia (PwD). Most of these initiatives use SARs based on tactile and visual stimulation strategies with limited feedback from the robot (e.g., robot PARO). Although these interventions have shown to be beneficial to PwD, few studies evaluate the efficacy of SARs based on verbal communication. Thus, this represents an opportunity since verbal communication is the primary way to interact with PwD, and most of the strategies to interact, socialize, distract and calm to PwD are based on this type of communication. The objective of this thesis work was to design and develop a conversational robot to conduct an NPI, as well as to evaluate its efficacy and impact in the daily behavior of PwD. The work was organized in three stages: adoption, automation, and impact. The first two stages focused on design and implementation while the third one on evaluating the impact of the use of the SAR in the daily behavior of PwD. Results from the first two stages show evidence that PwD engaged and enjoyed an interactive session with a conversational robot, called Eva, for both a human-controlled version (adoption stage) and an automated version (automation stage). In the last stage, we designed an NPI based on cognitive stimulation therapy, composed of 14 group sessions, with 8 PwD. We used a mixed-methods approach to compare a baseline with the post-intervention evaluation. The quantitative analysis showed a statistically significant decrease in the frequency and severity of dementia-related symptoms and an increase in the participants' quality of life indices. Moreover, qualitative results showed that all participants exhibited a positive impact on their mood, leading to a significant improvement in cooperation and socialization during the hours after the session. The results of this thesis show evidence that a conversational SAR can establish effective verbal communication with PwD. Besides, the results suggest that a SAR of this type can be used to support NPIs, which can have a positive impact on the daily behavior of the PwD.

**Keywords: Socially assistive robots, conversational robot, people with dementia, non-pharmacological interventions**

## **Dedicatoria**

***A mis padres, Yolanda y Dagoberto, que con su fuerza inconmensurable me han brindado los medios afectivos, morales y materiales para salir adelante.***

***¡Nacer para Perder, Vivir para Ganar!***

## Agradecimientos

Un especial agradecimiento a mi director de tesis el Dr. Jesús Favela. Sin duda su guía y consejos ayudaron a llevar este trabajo a buen puerto. Le agradezco también apoyarme más allá de lo académico, ofreciéndome su amistad y confianza. Sin duda fue un placer trabajar con él, ¡Gracias Doc!

A los miembros del comité de tesis, Dra. Mónica, Dr. Ubaldo y Dr. Alberto. Sus consejos y revisiones ayudaron a mejorar este trabajo.

A Cristián Benavidez y Argel Grisolle por su apoyo en los estudios en ACAM Residencial. A los participantes, que fuera de los resultados del trabajo, me quedo con la satisfacción de hacerlos pasar buenos momentos con la tecnología que desarrollamos.

A mis hermanos Jahir, Nury y Mayrena, por todo su apoyo y cariño. Aún en las horas más oscuras, sé que siempre estuvieron y estarán ahí. A mis sobrinos y que en un futuro este trabajo pueda ser parte de su inspiración para comerse el mundo.

A mi abuelita Macrina que empezó este proceso conmigo pero no pudo verlo culminado porque así es la vida. Y en general a toda mi familia que siempre me ha apoyado.

A mis compañeros tanto de posgrado como de laboratorio y al personal del departamento, con los cuales conviví y recibí apoyo de diferentes formas.

Sin duda a todos mis amigos, en especial a Fermín y Nelson, ya que la convivencia con ellos fue un desfogue necesario para compartir las dificultades y alegrías de este proceso, manteniendo o perdiendo la cordura según fuera el caso.

Al Dr. Gilberto López por su amistad y consejos que me ayudaron a reforzar la idea de que ser feliz debe de ser nuestro color de identidad. ¡Gracias Doc!

Finalmente, agradezco al CICESE por brindarme la oportunidad de cursar mi doctorado. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico para realizarlos por medio de la beca No. 428528.

## Tabla de contenido

	Página
Resumen en español .....	ii
Resumen en inglés .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos .....	v
Lista de figuras .....	ix
Lista de tablas .....	xi
<b>Capítulo 1. Introducción</b>	
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Demencia en adultos mayores .....	1
1.3. Intervenciones no farmacológicas .....	2
1.3.1. RAS y su potencial aplicación en demencia .....	4
1.4. Planteamiento del problema .....	5
1.5. Preguntas de investigación .....	6
1.6. Objetivos .....	8
1.6.1. Objetivo general .....	8
1.6.2. Objetivos específicos .....	8
1.7. Metodología .....	9
1.7.1. Adoptar .....	10
1.7.2. Autonomizar .....	11
1.7.3. Impacto .....	12
1.8. Estructura de la tesis .....	13
<b>Capítulo 2. Trabajo relacionado</b>	
2.1. Terapias asistidas por robots .....	15
2.2. Robots de asistencia social .....	16
2.3. Robots de asistencia social en diferentes ámbitos de la salud .....	16
2.4. Robots de asistencia social en cuidados del adulto mayor con demencia	18
2.5. Conclusiones del capítulo .....	21
<b>Capítulo 3. Estudio de adopción de un robot conversacional para interactuar con adultos mayores con demencia</b>	
3.1. Diseño de un RAS para intervenciones no-farmacológicas para la demencia .....	22
3.2. Robot conversacional Eva .....	24
3.3. Estrategias de comunicación para interactuar con AcD .....	26
3.3.1. Incorporando estrategias de comunicación en el robot Eva .....	27
3.4. Evaluación de las estrategias de comunicación incorporadas en el robot Eva .....	30
3.4.1. Diseño del estudio .....	30
3.4.2. Participantes .....	31

## Tabla de contenido (continuación)

3.4.3.	Configuración y procedimiento . . . . .	31
3.4.4.	Recolección de datos . . . . .	32
3.4.5.	Análisis de los datos . . . . .	33
3.5.	Resultados del estudio . . . . .	34
3.5.1.	Comunicación directa entre los AcD y el robot Eva . . . . .	34
3.5.2.	Disfrute percibido de los AcD . . . . .	37
3.5.3.	Evolución de la interacción . . . . .	37
3.6.	Conclusiones del estudio . . . . .	39

### Capítulo 4. Estudio para evaluar la eficacia de un robot conversacional para conducir una sesión interactiva de forma autónoma

4.1.	Autonomización del robot conversacional Eva . . . . .	43
4.1.1.	Proceso de autonomización . . . . .	45
4.1.2.	Arquitectura . . . . .	46
4.1.2.1.	Perfiles de usuario . . . . .	46
4.1.2.2.	Generador del guion de la sesión . . . . .	49
4.1.2.3.	Manejo de la conversación . . . . .	50
4.1.2.4.	Comprensión del lenguaje . . . . .	51
4.1.2.5.	Análisis post-sesiones . . . . .	52
4.2.	Estudio de evaluación de la versión autónoma del robot Eva . . . . .	53
4.2.1.	Diseño del estudio . . . . .	53
4.2.2.	Configuración y Participantes . . . . .	54
4.2.3.	Procedimiento . . . . .	54
4.2.4.	Recolección y análisis de datos . . . . .	54
4.3.	Resultados . . . . .	56
4.4.	Conclusiones del estudio . . . . .	60

### Capítulo 5. Estudio del impacto de las sesiones con el robot conversacional en síntomas neuropsicológicos

5.1.	Terapias de estimulación cognitiva . . . . .	62
5.2.	Diseño del estudio . . . . .	63
5.2.1.	Participantes . . . . .	63
5.2.2.	Configuración y procedimiento . . . . .	64
5.2.3.	Materiales . . . . .	65
5.2.4.	Recolección y análisis de datos . . . . .	67
5.2.4.1.	Instrumentos geriátricos . . . . .	67
5.2.4.2.	Bandas de actividad . . . . .	68
5.2.4.3.	Entrevistas . . . . .	68
5.3.	Resultados . . . . .	69
5.3.1.	Resultados cuantitativos . . . . .	70
5.3.2.	Resultados cualitativos . . . . .	74
5.4.	Discusión y Limitaciones . . . . .	79
5.5.	Conclusiones del estudio . . . . .	81

## Tabla de contenido (continuación)

### Capítulo 6. Conclusiones

6.1. Conclusiones . . . . .	83
6.2. Limitaciones . . . . .	87
6.3. Aportaciones . . . . .	89
6.4. Trabajo futuro . . . . .	91
<b>Literatura citada . . . . .</b>	<b>93</b>
<b>Anexo A: Robot conversacional Eva . . . . .</b>	<b>101</b>
<b>Anexo B: Mini-Examen del estado mental 37 (MMSE-37) . . . . .</b>	<b>106</b>
<b>Anexo C: Cuestionario de inventario neuropsiquiátrico (NPI-NH) . . . . .</b>	<b>110</b>
<b>Anexo D: Qualidem . . . . .</b>	<b>123</b>
<b>Anexo E: Lista de acrónimos . . . . .</b>	<b>125</b>

## Lista de figuras

Figura	Página
1. Etapas de la metodología del trabajo de investigación. . . . .	9
2. a) Apariencia y hardware utilizado para el primer prototipo del robot conversacional Eva. b) Arquitectura del robot Eva. . . . .	24
3. Aplicación para controlar los comportamientos y funciones del robot Eva .	26
4. Configuración para cada sesión de interacción. . . . .	32
5. Enunciados por minuto de cada participante a través del estudio ( $*p < 0.05$ ). . . . .	35
6. Conversaciones por minuto de cada participante a través del estudio ( $*p < 0.05$ ). . . . .	36
7. Número de canciones reproducidas por el robot Eva durante cada sesión del estudio. . . . .	37
8. Número de expresiones de disfrute por minuto de cada participante a través del estudio ( $*p < 0.05$ ). . . . .	38
9. Mapa de calor de la interacción durante la sesión 1 del grupo compuesto por P1, P2, P3 y P4. Interacción entre los AcD y el robot (arriba). Interacción entre los AcD y el Facilitador (abajo). . . . .	39
10. Mapa de calor de la interacción durante la sesión 1 del grupo compuesto por P6, P7, P8 y P9. Interacción entre los AcD y el robot (arriba). Interacción entre los AcD y el Facilitador (abajo). . . . .	40
11. Interacción entre P1, P2, P3 y el robot Eva en la sesión 12 (arriba) y la sesión 13 (abajo). . . . .	41
12. Interacción en las últimas sesiones donde participaron P5 y P6, la sesión 12 (arriba) y la sesión 13 (abajo). . . . .	41
13. Arquitectura extendida para la versión autónoma del robot conversacional Eva. . . . .	47
14. a) Segmento del perfil del Participante 1 mostrando sus preferencias musicales. b) Segmento de las expresiones relacionadas con el segmento de musicoterapia, las cuales son adaptadas a cada participante. . . . .	48
15. Diagrama de secuencia del procesamiento de una entrada de voz del participante para generar una respuesta durante la interacción con el robot Eva. . . . .	52
16. Porcentaje de respuesta a preguntas dirigidas. . . . .	57
17. Porcentaje de respuesta a preguntas abiertas. . . . .	57
18. Enunciados por minuto. . . . .	58
19. Expresiones de disfrute por minuto. . . . .	58

## Lista de figuras (continuación)

Figura	Página
20. Sesión de la terapia de estimulación cognitiva dirigida por el robot conversacional Eva. . . . .	64
21. Resultados por participante del instrumento NPI-NH previo y posterior a la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva. ( $*p < 0.05$ ) .	73
22. Resultados por participante del instrumento Qualidem previo y posterior a la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva. ( $*p < 0.05$ )	74
23. Versiones del robot Eva desarrolladas a lo largo del trabajo de tesis. . . . .	101
24. Estructura y hardware utilizado para las últimas versiones del robot Eva. .	102
25. Componentes del robot conversacional Eva. . . . .	103

## Lista de tablas

Tabla	Página
1.	Resumen de los estudios para el diseño de un RAS para llevar a cabo intervenciones no-farmacológicas con AcD. . . . . 23
2.	Compendio y comparación de estrategias recomendadas para establecer y mejorar la comunicación (ECM) con el AcD. . . . . 28
3.	Clasificación de las estrategias de comunicación y cómo fueron implementadas durante la interacción: característica inherente al robot ( <b>R+</b> ), como parte de las condiciones del entorno ( <b>E</b> ), o si fue implementada directamente por el operador ( <b>O</b> ). . . . . 29
4.	Descripción de los instrumentos utilizados para recolectar la información. . . . . 66
5.	Información de los AcD que participaron en el estudio. (*) P3 abandonó el estudio después de seis sesiones debido a problemas de salud por lo que no fue incluida en el análisis de los datos. . . . . 69
6.	Cuidadores que participaron en el estudio. La última columna muestra sobre que AcD proporcionaron información. . . . . 70
7.	Resultados de los instrumentos geriátricos MMSE-37, NPI-NH y Qualidem. DE = Desviación estándar. * $p < 0.05$ . . . . . 71
8.	Promedio de número de pasos entre 1:30 y 5:30 pm en días donde se llevo (o no) a cabo la sesión. . . . . 75
9.	Datos de sueño durante la noche y el día de 5 participantes quienes participaron en al menos 10 sesiones terapéuticas. Entre paréntesis de cada dato aparecen los días. . . . . 75
10.	Temas y categorías obtenidos del análisis cualitativo. . . . . 76
11.	Efectos a corto y largo plazo derivados del análisis cualitativo. . . . . 79

# Capítulo 1. Introducción

---

## 1.1. Antecedentes

En los últimos años se han generado avances importantes en el campo de la robótica social, donde la meta no es solo proporcionar asistencia física sino brindar estimulación a las personas a través de la interacción con el robot (Feil-Seifer y Mataric, 2011). Las terapias basadas en ejercicios físicos, interacción social y compañía pueden ser abordados por medio de robots; en particular por robots de asistencia social (RAS). Un RAS es un sistema robótico que utiliza estrategias de interacción *hands-off*, incluyendo comunicación verbal, expresiones faciales y lenguaje corporal, para proporcionar asistencia de acuerdo a un contexto de cuidado de salud específico (Feil-Seifer y Mataric, 2011).

Comparados con los robots de entornos industriales, los RAS pueden ofrecer apoyo cognitivo, social y emocional a las personas con las que interactúan, especialmente a aquellas con discapacidades físicas, cognitivas y sociales (Tapus *et al.*, 2007). La disminución de la capacidad funcional asociada con la demencia, hace que los adultos mayores con demencia (AcDs) sean dependientes (i.e., no pueden realizar de forma independiente sus actividades diarias y tienen la necesidad de cuidados de instituciones de salud, familiares y/o cuidadores profesionales). Por lo que, tecnologías como los RAS pueden proporcionar nuevas formas de apoyo en su cuidado.

## 1.2. Demencia en adultos mayores

La demencia es un síndrome de naturaleza crónica y progresiva, caracterizado por el deterioro de las funciones cognitivas y de la conducta (Prince *et al.*, 2013). De manera global, cerca de 47 millones de personas vivían con demencia en 2015, y se proyecta que este número se triplique para el 2050 (Livingston *et al.*, 2017).

El aumento de la prevalencia de demencia ha generado una mayor conciencia y comprensión de la enfermedad, incluyendo propuestas basadas en enfoques tecnológicos para diagnóstico y apoyo temprano, así como aquellos que mediante el uso de tecnología se enfocan en el manejo de síntomas de conducta relacionados con la

demencia y mejorar la calidad de vida de los AcDs y sus cuidadores (Kindell *et al.*, 2017).

Además del deterioro cognitivo, los AcDs frecuentemente presentan síntomas psicológicos y de comportamiento de la demencia, también conocidos como comportamientos problemáticos (Burns *et al.*, 2012). Los comportamientos problemáticos se definen como síntomas de trastornos de la percepción, del razonamiento, del estado de ánimo o del comportamiento que frecuentemente ocurren en pacientes con demencia. Los síntomas psicológicos se relacionan con la presencia de ansiedad, depresión y psicosis. Los síntomas conductuales pueden incluir la agresión, apatía, agitación, conducta desinhibida, deambulación, trastornos del sueño y comportamientos repetitivos.

Los comportamientos problemáticos se pueden presentar en cualquier etapa de la demencia, y pueden ser un obstáculo difícil de tratar y superar para los AcDs, su familia y los cuidadores. El 90% de los pacientes de Alzheimer presentan este tipo de comportamientos problemáticos, lo que convierte el cuidado del AcD en una tarea compleja y desafiante (Sadowsky y Galvin, 2012). Algunos de los riesgos asociados a estos comportamientos problemáticos son (Cerejeira *et al.*, 2012):

- Alto grado de sufrimiento en el paciente y su cuidador.
- Mayor discapacidad en el paciente, con pérdida de autonomía personal.
- Ingresos hospitalarios o institucionalización prematura en residencias geriátricas.
- Aumento del costo de los cuidados.
- Pérdida significativa de la calidad de vida para el paciente y su familiar o cuidador

### **1.3. Intervenciones no farmacológicas**

Una intervención no farmacológica (INF) se define como una intervención no química, sustentada teóricamente, focalizada y replicable, realizada sobre un paciente o su cuidador y potencialmente capaz de generar un beneficio relevante tanto en el manejo de los síntomas relacionados con la demencia, como en la calidad de vida del paciente (O'Neil *et al.*, 2011). Tales intervenciones incluyen estrategias que tienen

como objetivo integrar e involucrar a los AcDs en actividades que les proporcionen experiencias agradables. En ese aspecto, la Asociación para el Alzheimer recomienda el uso de terapias no farmacológicas como una estrategia de manejo y cuidado de pacientes (Alzheimer's Association, 2019): "Actividades útiles, como son las que involucran música, arte y visita de mascotas, pueden ayudar a enriquecer las vidas de las personas con Alzheimer."

Diversos estudios han demostrado que las INFs pueden ser adecuadas para lidiar con los comportamientos problemáticos, así como para mejorar la calidad de vida de las personas que viven con demencia (Cohen-Mansfield, 2013). Además existe evidencia que sugiere que las INFs pueden llegar a mejorar o estabilizar la función cognitiva, el desempeño en las actividades de la vida diaria, el comportamiento y estado de ánimo (Olazarán *et al.*, 2010).

En particular, hoy en día existe un énfasis en la búsqueda de nuevas formas de mejorar la función social del AcD, con el objetivo de mejorar su bienestar y reducir los episodios de sufrimiento en el ámbito de los cuidados de la demencia. En ese aspecto, las INFs buscan incentivar la interacción social con el AcD. La mayoría de las INFs involucran la interacción entre el AcD y un humano, es decir una persona (familiar, cuidador) interactúa de manera directa con el AcD para llevar a cabo la terapia; ejemplo de este tipo de intervenciones son las terapias de estimulación cognitiva (Woods *et al.*, 2012), de reminiscencia (Lazar *et al.*, 2018), orientación a la realidad (Moniz-Cook, 2006) y de validación (Feil y de. Klerk-Rubin, 2012). Otro tipo de intervenciones utilizan objetos y ambientes para estimular sensorialmente al AcD como las terapias basadas en música (Gold, 2014) y horticultura (Blake y Mitchell, 2016). Por último, existe un enfoque en donde durante la terapia se utilizan agentes externos para incentivar la interacción social, motivando al AcD a la comunicación y la estimulación afectiva. Los agentes utilizados en las intervenciones son seres vivos, como en el caso de la terapia con mascotas (Majić *et al.*, 2013), pero también son utilizados agentes inanimados como en el caso de la terapia con muñecos (Mitchell *et al.*, 2016). Este tipo de terapias ponen de manifiesto la viabilidad en el uso de agentes externos (además de los humanos) para incentivar una interacción social y afectiva con el AcD.

La interacción y contacto social son una parte integral de muchas de las INFs para la demencia (Livingston *et al.*, 2017; Cohen-Mansfield, 2013). En diversos estudios, se

ha encontrado que el contacto humano-humano es una intervención de alto impacto para el manejo de desordenes de comportamiento en AcDs (Cohen-Mansfield *et al.*, 2010). Adicionalmente, intervenciones donde se simula el contacto social (e.g., terapia con muñecos (Mitchell *et al.*, 2016), videos y/o audio de conversaciones con familiares (O'Connor *et al.*, 2011)) han sido utilizadas por cuidadores y familiares en el cuidado de AcD.

### **1.3.1. RAS y su potencial aplicación en demencia**

Tomando en cuenta el antecedente de agentes externos y la simulación de contacto social en INFs, y considerando que los RAS ofrecen nuevas formas de interacción y comunicación, el uso de este tipo de sistemas ofrece nuevas oportunidades para el apoyo en el cuidado y estimulación de los AcDs.

En años recientes, los RAS han sido utilizados para simular humanos y animales para promover el contacto social con adultos mayores. En el ámbito de apoyo en el cuidado del AcD, existen investigaciones acerca del uso de RAS en diversos enfoques como apoyo en el cuidado del adulto mayor. PARO es un robot de compañía utilizado en terapias de mascota; los resultados experimentales sugieren que PARO puede ser eficaz para reducir el estrés y para estimulación social en AcD (Shibata, 2012). El robot Bandit-II ha sido utilizado como instructor de ejercicios en apoyo a la terapia física en adultos mayores (Fasola y Mataric, 2012). Un estudio de viabilidad encontró que el robot podría motivar a los participantes a realizar ejercicios físicos simples por medio de estrategias de motivación intrínseca e instrucciones personalizadas. El robot Brian 2.1 (McColl *et al.*, 2013) ha sido utilizado para ayudar y motivar a los adultos mayores a realizar actividades de la vida diaria (comer) y de estimulación cognitiva (juego de cartas). El robot desarrolla comportamientos dependiendo del estado de la actividad (i.e., felicitar al participante si ha adivinado la carta) y el estado de la persona durante la actividad (i.e., mostrar un comportamiento de tristeza si el participante no quiere comer). Robovie (Sabelli *et al.*, 2011) es un robot conversacional diseñado para saludar diariamente y conversar con los adultos mayores. Un estudio en una residencia geriátrica mostró que Robovie fue aceptado por los adultos mayores, quienes lo saludaban y entablaban charlas simples con él.

En particular, las principales estrategias de los cuidadores en residencias geriátri-

cas para lidiar con comportamientos problemáticos de los AcD se basan en interacción social; específicamente en establecer comunicación verbal y conversaciones con el AcD (Alzheimer's Association, 2019; Lazar *et al.*, 2018). Adicionalmente, estudios previos han encontrado que la voz es la forma preferida de interacción de adultos mayores con un robot, debido a que es fácil y natural, por lo que se asemeja a una interacción humana (Sabelli *et al.*, 2011; Scopelliti *et al.*, 2005). Además, la popularidad de dispositivos como Amazon Echo o Google Home proporcionan una nueva oportunidad para estudiar cómo la gente percibe y responde ante tales agentes conversacionales (Porcheron *et al.*, 2018; Purington *et al.*, 2017). Lo anterior muestra evidencia de la factibilidad de utilizar voz como el medio principal de interacción entre un AcD y un RAS. Así, un robot conversacional puede ser utilizado como un tipo de RAS que aunado a las capacidades de un agente conversacional pueda interactuar por medio de una interfaz natural, como es la voz, con los AcDs.

#### **1.4. Planteamiento del problema**

La interacción social y la comunicación verbal interactiva son reconocidas como estrategias útiles para mantener las habilidades de los AcDs y mejorar su calidad de vida (Cohen-Mansfield, 2013). Así, el contacto social es parte integral de muchas de las INFs debido a su eficacia en relación a otro tipo de estímulos y actividades (Cohen-Mansfield *et al.*, 2010).

Aunque existen investigaciones e iniciativas del uso de RAS para intervenciones como apoyo en el cuidado del AcD, existe una clara tendencia al uso de robots zomórficos con un enfoque de acompañamiento (Pu *et al.*, 2019), por lo que su nivel de interacción es limitada y carece de una interacción social basada en comunicación verbal. Aunque existen iniciativas que han mostrado que la comunicación verbal entre los AcDs y los RAS es factible, estas interacciones son simples y principalmente basadas en comunicación de una vía, es decir del robot hacia los AcDs y son utilizadas para informar, persuadir o dar instrucciones. Sin embargo, para enriquecer la interacción social es necesario que los RAS tengan la capacidad de establecer una comunicación verbal interactiva para mantener involucrado y enganchado al AcD, y así la INF pueda tener mejores efectos. Pero debido a la complejidad de la demencia y los distintos factores que pueden influir en el comportamiento de una persona que padece

la enfermedad, es necesario diseñar e implementar estrategias en el ámbito de una interacción AcD-robot con el fin de incluirlas como capacidades inherentes de un RAS y así utilizarlo como una parte fundamental en intervenciones no farmacológicas para AcDs.

Particularmente, esta investigación propone el diseño y desarrollo de un robot conversacional, como un tipo de RAS, que utilice la comunicación verbal interactiva con el fin de proveer interacción y contacto social al AcD. Así, el robot puede llevar a cabo interacciones y conversaciones sostenidas en el marco de una INF. Además, se propone evaluar el impacto y efectos que puede llegar a tener una INF realizada por el robot conversacional en términos del comportamiento diario del AcD.

### **1.5. Preguntas de investigación**

Las tecnologías conversacionales, incluyendo el reconocimiento y síntesis de voz, han mejorado considerablemente en los años recientes (Porcheron *et al.*, 2018). Aunque aún no son totalmente capaces de realizar conversaciones sostenidas sobre diversos temas, los agentes conversacionales que soportan interacciones de pregunta y respuesta se han generalizado, por lo que este tipo de conversaciones en dominios restringidos se utilizan para realizar tareas específicas como reservar un vuelo, pedir un viaje en taxi o hacer una reservación (Chung *et al.*, 2017). Este tipo de tecnologías han sido utilizadas como asistentes en ámbitos de la salud, por ejemplo proporcionando asistencia en el manejo de la depresión (Fitzpatrick *et al.*, 2017) o asesoramiento nutricional (Parra *et al.*, 2018). Sin embargo, la comunicación verbal con AcDs presenta numerosos retos, y no es del todo claro que este tipo de enfoques puedan funcionar con ellos. Los problemas de lenguaje asociados a la demencia, como habilidad para encontrar la palabra correcta, comprensión verbal, fluidez verbal y prosodia, pueden generar fallas en la comunicación (Small *et al.*, 2003). Por lo tanto, diversas organizaciones y autores han propuesto estrategias para comunicarse y conversar con AcDs. Aunque estas estrategias han sido probadas de manera efectiva para mejorar la comunicación entre AcD y sus cuidadores, estas no han sido utilizadas y probadas en el dominio de la interacción humano-robot (HRI). Por lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación:

PI-1. ¿Qué estrategias y guías de comunicación deben de ser diseñadas e implementadas como características de un robot conversacional para establecer una interacción verbal efectiva con adultos mayores con demencia?

La base para el diseño de una INF son las actividades recreativas que la componen. Las actividades recreativas pueden ser definidas como aquellas que son, para un individuo, significativas y/o agradables (Lazar *et al.*, 2018). Dentro de estas pueden ser incluidas actividades como la reminiscencia (definida en términos generales como recordar memorias pasadas), escuchar música, actividades ocupacionales (e.g., jardinería, ejercicios) o estimulantes (e.g., aromas, luces). Dado que se propone que la principal forma de interacción entre AcDs y robot sea la comunicación verbal, no todas las actividades son aptas para ser ejecutadas por un robot conversacional. Adicionalmente, cada AcD experimenta la enfermedad de distinta forma e incluso la personalidad de cada uno de ellos define sus preferencias y tendencia a realizar cierto tipo de actividades. Así, se plantea la segunda pregunta de investigación:

PI-2. ¿Qué tipo de actividades y estrategias del ámbito de las intervenciones no farmacológicas pueden ser llevadas a cabo por un robot conversacional?

La mayoría de las INFs suelen ser guiadas por un facilitador o terapeuta que define la pauta de las sesiones (e.g., secuencia de actividades, turnos, tiempo). Durante las sesiones se puede utilizar una amplia gama de estrategias, como instrucción personalizada, uso de estímulos y recompensas, comunicación no verbal (e.g., expresiones faciales, gesticulación, posturas); todo esto con la finalidad de mantener motivados e involucrados a los participantes (Oliveira *et al.*, 2015). Sin embargo, las características de un robot conversacional limitan el uso de muchas de estas estrategias. Además, debido a que uno de los objetivos es que el robot actúe de forma autónoma y con la mínima intervención de un operador humano, es necesario diseñar e implementar estrategias y formas de interacción que puedan involucrar y motivar a los participantes de manera efectiva durante una sesión terapéutica de INF. Derivado de lo anterior se plantea la siguiente pregunta:

PI-3. ¿Cuál es la eficacia de un robot conversacional autónomo para conducir una

sesión terapéutica para que los adultos mayores con demencia se mantengan involucrados y motivados durante la sesión?

La efectividad de las INFs ha quedado de manifiesto en diversos estudios en donde se ha reportado un impacto positivo en el manejo de síntomas asociados a la demencia, comportamiento, estado de ánimo, calidad de vida e incluso estado cognitivo de los AcDs (Livingston *et al.*, 2017; Cohen-Mansfield, 2013; Oliveira *et al.*, 2015; Olazarán *et al.*, 2010). Si bien los estudios que utilizan los RAS dentro de INFs han reportado resultados prometedores, la mayoría de los resultados se enfocan en el impacto durante la interacción AcD-RAS (Pu *et al.*, 2019; Góngora Alonso *et al.*, 2019; Kachouie *et al.*, 2014). Aunque es importante evaluar el impacto durante las sesiones terapéuticas, también es importante evaluar el impacto a mediano y largo plazo que puede llegar a tener en los AcD la INF conducida por el robot conversacional. Por lo tanto se plantea la última pregunta de investigación:

PI-4. ¿Qué impacto en el comportamiento diario de un AcD puede llegar a tener una intervención no farmacológica conducida por un robot conversacional?

## **1.6. Objetivos**

En la búsqueda de respuestas a la preguntas de investigación planteadas se define el objetivo general.

### **1.6.1. Objetivo general**

*Diseñar e implementar un robot conversacional para conducir una terapia de estimulación cognitiva de forma autónoma y evaluar su impacto en el comportamiento diario de los adultos mayores con demencia.*

### **1.6.2. Objetivos específicos**

Para lograr el objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- OE-1. Diseñar e implementar las estrategias y funcionalidades con las que debe de contar un robot conversacional para mantener una comunicación verbal efectiva con los AcDs.
- OE-2. Definir las características de diseño y escenarios de una sesión interactiva para promover la adopción del robot conversacional por parte de los AcDs.
- OE-3. Evaluar la capacidad del robot conversacional para conducir una sesión interactiva con los AcDs de forma autónoma.
- OE-4. Evaluar si existe una mejora significativa en el comportamiento diario del AcD debido a una terapia de estimulación cognitiva compuesta por sesiones interactivas conducidas por el robot conversacional.

### 1.7. Metodología

Se ha demostrado que involucrar y enganchar a los AcDs en actividades recreativas tiene efectos positivos. Existe una conexión implícita entre el enganche y el impacto a largo plazo de un determinado estímulo o intervención terapéutica (Orsulic-Jeras *et al.*, 2000). Debido al objetivo final del trabajo de investigación en el que se pretende evaluar la eficacia e impacto de una INF conducida por un robot conversacional, la metodología debe de tomar en cuenta fases relacionadas con entender y promover que el AcD se involucre y enganche con las sesiones conducidas por el robot conversacional. Así, se plantea una metodología basada en tres ejes principales: Adoptar, Autonomizar y medir el impacto (véase Figura 1).



**Figura 1.** Etapas de la metodología del trabajo de investigación.

Las dos primeras etapas están enfocadas en promover que el AcD participe y se involucre en la interacción con el robot conversacional, y una vez logrado lo anterior poder investigar el impacto de una INF conducida por el robot. Cada uno de los tres ejes de la metodología es abordado por medio de las fases genéricas de la interacción humano-robot (IHR): comprensión, diseño y evaluación (Goodrich y Schultz, 2007). Cabe resaltar que durante las distintas evaluaciones será necesario aproximar el contexto y circunstancias en las que realmente se utilizará las intervenciones del robot conversacional, tanto en términos de participación de los usuarios finales (AcD) como en la realización de la evaluación en entornos reales (Favela *et al.*, 2015).

### **1.7.1. Adoptar**

La primera etapa del proyecto se enfoca en explorar la adopción del robot conversacional por parte de los AcD. Durante esta etapa los esfuerzos se dirigirán a la definición de guías y estrategias para establecer una comunicación verbal efectiva y así facilitar la adopción del robot. Por lo tanto, se realizarán estudios que incluyan a cuidadores y familiares como principales fuentes de información para la generación de escenarios factibles de intervención. De igual forma, durante esta etapa se desarrollará un prototipo funcional de un robot conversacional para implementar las estrategias planteadas en los estudios con los cuidadores. A continuación se describen las partes de esta primera etapa.

- La revisión de literatura, estudios contextuales y guías de diseño básicas para robots de asistencia social y agentes conversacionales sirven como base para el desarrollo de un primer prototipo robot conversacional. Esta etapa de la investigación se enfoca en explorar la interacción entre los AcDs y el robot conversacional, por lo que el prototipo debe de contar con funcionalidades para desplegar de forma simple estrategias de comunicación e interacción. Por lo anterior, se tiene como prioridad desarrollar un prototipo operado sobre una versión autónoma. Así, será necesario desarrollar mecanismos para operar el robot de manera remota, con los cuales sea posible conducir estudios Mago de Oz para realizar experimentos para propiciar una interacción continua.
- Incluir a los expertos en el cuidado del AcD (e.g., cuidadores, geriatras, terapeu-

tas) en grupos focales de trabajo para el co-diseño de escenarios de intervención con el robot conversacional. Los expertos en el cuidado tienen un mejor entendimiento de las necesidades y comportamientos de los AcD, por lo cual son una fuente fidedigna de información para el planteamiento de dichos escenarios. Además, aportan información útil para definir las mejoras y actualizaciones a características del prototipo de robot.

- Los resultados y hallazgos, generados en los grupos de trabajo, serán la base para la definición de un escenario de intervención. De igual forma, el prototipo deberá de ser actualizado y mejorado para cumplir con las demandas del escenario de intervención a evaluar.
- Por medio de una serie de intervenciones en un entorno controlado y con un número determinado de AcD, se evaluará la adopción del robot conversacional. Las sesiones se realizarán semanalmente. Se analizará cada sesión con la finalidad de definir las estrategias a mejorar durante la interacción, o incluso eliminar aquellas en las que los resultados no hayan sido los esperados. De igual forma, a partir de los resultados de cada sesión podrían modificarse algunas características del robot o de la configuración de las intervenciones.

### **1.7.2. Autonomizar**

Debido a que la primera fase del proyecto se enfoca en la adopción del robot conversacional por parte del AcD, se propone un marco de trabajo basado en el enfoque Mago de Oz. Sin embargo, al concluir la fase de evaluación de la adopción es necesario dirigir los esfuerzos para autonomizar las intervenciones del robot conversacional. Es decir, trabajar en la generación de interacciones autónomas por parte del robot, que involucren una mínima o nula intervención de un operador. El trabajo de investigación se enfoca en la generación de interacciones personalizadas, por lo tanto será necesario establecer el grupo de AcD objetivo, de los cuales se obtendrá la información para generar modelos de interacción autónomos sobre actividades y temas específicos y personalizados. A continuación se describen las actividades que componen la segunda etapa de investigación.

- Con base en los resultados de la adopción, se trabajará conjuntamente con los

cuidadores y familiares para definir al grupo de AcD objetivo para los que se desarrollarán las intervenciones personalizadas con el robot conversacional. Una vez definido este grupo, será necesario diseñar junto con los cuidadores intervenciones que tomen en cuenta la personalidad, gustos y antecedentes de la persona. De esta forma se co-diseñarán escenarios de interacciones personalizadas para cada AcD.

- Con base en los escenarios planteados junto con los cuidadores, se llevarán a cabo sesiones personalizadas con cada uno de los participantes con la finalidad de recabar información e interacciones entre el AcD y el RAS. De esta forma se pretende construir un corpus de interacciones entre AcD y robot que sirva como base para el diseño de modelos de interacción personalizados.
- Mediante el análisis del corpus de interacciones para cada AcD se propone el desarrollo de modelos de interacción autónomos que puedan ser desplegados por el robot conversacional, y así poder establecer una sesión autónoma con la mínima intervención de un operador para actividades y temáticas específicas.
- Con el objetivo de mejorar los modelos de interacción es necesario un estudio, para que de manera progresiva se evalúen y actualicen los modelos. Para ello, se realizarán sesiones para probar el desempeño y la autonomía del robot, tomando como primer parámetro la capacidad del robot para establecer de manera autónoma una interacción con el AcD. En forma iterativa se pretende mejorar los modelos autónomos de interacción.
- Una vez obtenida una versión totalmente autónoma del robot conversacional, será evaluada su eficacia para conducir sesiones terapéuticas con los AcDs. Para evaluar la eficacia de esta nueva versión del robot serán utilizados parámetros relacionados con la participación y enganche del AcD.

### **1.7.3. Impacto**

Para que una INF que hace uso de cierto estímulo externo pueda llegar a tener un impacto positivo, es necesario que el AcD se muestre participativo y enganchado con dicho estímulo (Cohen-Mansfield *et al.*, 2009). Así, una vez que el AcD se muestre involucrado y enganchado con las sesiones conducidas por el robot conversacional, la

última etapa de la investigación se enfoca en el diseño de una INF guiada por el robot conversacional, así como evaluar su impacto a corto y mediano plazo en el comportamiento diario del AcD. Las siguientes actividades componen la última etapa del trabajo de investigación:

- El diseño de la INF conducida por el robot conversacional estará supeditada a las características y estructura de una terapia de estimulación cognitiva (Kim *et al.*, 2017b; Woods *et al.*, 2012). También es necesario definir los instrumentos para evaluar, tanto de forma cuantitativa y cualitativa, el impacto de la intervención. Cabe resaltar que los AcDs incluidos en esta INF serán aquellos que hayan tenido participación en estudios anteriores, aunque se propone reclutar nuevos participantes para tener una muestra de mayor número.
- De manera general, este tipo de intervenciones se basan en la comparación de la línea base con una evaluación posterior a la intervención. Por lo tanto, es necesario recabar datos antes y después de la terapia de estimulación cognitiva. Debido a que la mayoría de los instrumentos geriátricos son aplicados a individuos que tengan pleno conocimiento del comportamiento de los AcD, será necesario reclutar a cuidadores primarios de los participantes.
- Por último, se llevará a cabo el análisis y comparación de los datos obtenidos para así generar los resultados del impacto de la intervención en el comportamiento diario de los participantes.

## **1.8. Estructura de la tesis**

A continuación se describen los siguientes capítulos de esta tesis.

El Capítulo 2 presenta el trabajo relacionado respecto al uso de robots en el ámbito de la salud, así como la definición de robots de asistencia social y su uso como apoyo en diferentes dominios de la salud y poblaciones. Por último, se presenta el uso de RAS como apoyo en el cuidado del AcD.

En el Capítulo 3 se presenta la primera fase de investigación, en donde se describe un robot conversacional llamado Eva. También, se informa acerca del estudio, bajo un enfoque Mago de Oz, de adopción del robot conversacional Eva por parte de los AcD.

El Capítulo 4 presenta la segunda fase, donde se describe el proceso de autonomización del robot Eva. Además del estudio para evaluar la eficacia de la versión autónoma del robot Eva para conducir sesiones interactivas para AcDs.

En el Capítulo 5 se presenta la última fase, en donde se describe el estudio para evaluar el impacto en el comportamiento de los AcD participantes en una terapia de estimulación cognitiva conducida por la versión autónoma del robot Eva.

Finalmente, en el Capítulo 6 se presentan las conclusiones, aportaciones y limitaciones del trabajo de tesis. Además, se expone el trabajo futuro.

## Capítulo 2. Trabajo relacionado

---

En este capítulo se presenta el trabajo relacionado con el uso de robots como soporte al cuidado de la salud, en particular en el ámbito de la demencia. En primera instancia se presenta el concepto de terapias asistidas por robots, para después definir y describir el término robots de asistencia social. Posteriormente, se presentan estudios con este tipo de robots en el contexto de salud, haciendo un especial énfasis en la utilización de RAS en el ámbito de la demencia. Por último y a modo de conclusiones se presentan los retos y oportunidades derivados de la revisión de literatura.

### 2.1. Terapias asistidas por robots

Un robot puede ser definido como un agente artificial ya sea mecánico o virtual, que por lo general es guiado mediante algoritmos y/o circuitos electrónicos. Al contar con una apariencia natural o comportamiento autónomo, un robot puede transmitir un cierto sentido de inteligencia o de pensamiento propio (Ichbiah, 2005). Así, las terapias asistidas por robots (TARs) se refieren al uso de un dispositivo robótico durante una determinada terapia. La robótica permite a los pacientes entrenarse independientemente de un terapeuta y mejorar el nivel funcional durante su desempeño físico, motriz, de actividades de la vida diaria, o cognitivo (Kwakkel *et al.*, 2008). En particular, hay evidencia de que las terapias asistidas por robots aumenta el cumplimiento de los tratamientos de rehabilitación física mediante la introducción de incentivos para el paciente (Krebs *et al.*, 2003). Este tipo de robots (e.g., exoesqueletos, sistemas robóticos de hombro y codo) brindan soporte por medio de contacto y ayuda física al paciente para mejorar sus funciones físicas y motrices. Este tipo de robots han demostrado su eficacia en diferentes tipos de terapias de rehabilitación para pacientes de accidentes cardiovasculares (Kim *et al.*, 2017a; Kwakkel *et al.*, 2008) y niños con trastornos de movimiento (Fasoli *et al.*, 2012).

Debido a la eficacia demostrada por este tipo de robots de rehabilitación física, en los últimos años han surgido diversas iniciativas para conducir TARs utilizando robots que mediante el uso de estrategias de socialización puedan ofrecer soporte a la rehabilitación cognitiva y social de pacientes en diferentes dominios de la salud.

## **2.2. Robots de asistencia social**

A diferencia de los robots de rehabilitación física, los robots de asistencia social (RAS) basan sus estrategias en una interacción humano-robot sin contacto físico (*hands-off*). Los RAS basan sus métodos de entrenamiento o rehabilitación en la interacción social sobre la interacción física. De esta forma promueven la rehabilitación por medio de la asistencia, motivación o socialización en lugar de ayuda física al paciente (Gockley y Matarić, 2006). Así, el área tiene como objetivo el diseñar robots que a través de la interacción social puedan soportar cuidados bien definidos para personas con algún problema de salud (Góngora Alonso *et al.*, 2019).

A continuación se describen algunos de los trabajos más relevantes del uso de RAS para realizar intervenciones en diferentes contextos de salud y particularmente en el dominio de la demencia. Cabe resaltar que se incluyeron solo aquellos trabajos que reporten la evaluación de la intervención con usuarios reales, por lo que no se tomaron en cuenta trabajos enfocados en el diseño, implementación o estudios pilotos con RAS.

## **2.3. Robots de asistencia social en diferentes ámbitos de la salud**

Tomando en cuenta que por definición los RAS tienen como marco de aplicación el soporte a los cuidados de salud, en los últimos años se han reportado el uso de este tipo de robots en diversos contextos de salud y con diferentes tipos de poblaciones.

Huggable (Jeong *et al.*, 2017) es un robot terapéutico desarrollado en el MIT para proporcionar terapia afectiva dentro de un hospital, a niños con enfermedades crónicas. La principal característica de Huggable es su textura, ya que utiliza materiales agradables al tacto, lo que proporciona un factor multisensorial que fomenta que los pacientes abracen y acaricien a Huggable. Además, el robot cuenta con sensores para responder a este tipo de estímulos táctiles. Huggable, puede expresar sus emociones por medio de expresiones faciales y voz, por lo que existe gran empatía con los niños. Otro medio de interacción, es establecer diálogos positivos y sencillos con los pacientes con el objetivo de mejorar su estado de ánimo. Los resultados reportados establecen que los niños se involucran y enganchan más tanto físicamente como verbalmente con el robot social que con un muñeco de peluche y un avatar (del robot) en una pantalla.

También se han usado RAS en el ámbito del autismo, siendo un ejemplo de ellos el robot Kiwi. En Jain *et al.* (2020) se presenta un estudio utilizando el robot social Kiwi, en donde se evalúan modelos para involucrar y enganchar a niños con autismo durante una intervención en casa y a largo plazo. Durante las interacciones entre los niños y el robot, los participantes realizaron una serie de juegos matemáticos en una tableta con pantalla táctil, mientras que el robot Kiwi proporcionó retroalimentación verbal y expresiva. Los resultados muestran que los modelos fueron exitosos para enganchar a los participantes en la intervención a largo plazo. Así, los resultados sugieren una IHR más atractiva y personalizada, además de mejorar la eficacia del RAS para propiciar el aumento del aprendizaje de los niños con autismo. Los RAS también pueden ser utilizados para mejorar las habilidades sociales de los individuos con autismo, en Begum *et al.* (2015) se reporta un estudio de como un RAS fue utilizado para mejorar la comprensión y ejecución de habilidades sociales, en este caso la respuesta a un saludo. Los resultados reportan que los participantes exhibieron un estado emocional positivo durante la mayoría del tiempo de las sesiones, y un incremento gradual de comunicarse y responder a los saludos con la ayuda del robot.

Otro de los ámbitos donde se reporta el uso de RAS es para el envejecimiento saludable, estimulación y activación física de adultos mayores. En Banks *et al.* (2008) se presenta un estudio donde se utilizó un robot Aibo como compañía para adultos mayores alojados en una residencia geriátrica. Los resultados del estudio muestran que el uso del perro robot (Aibo) fue tan efectivo como una mascota real (perro) para el manejo de la soledad en adultos mayores institucionalizados, además los participantes mostraron un apego muy fuerte al robot después de participar en sesiones semanales con el robot durante un periodo de ocho semanas. En Fasola y Mataric (2012) se reporta el uso del RAS llamado Bandit-II para asistir y motivar a adultos mayores durante una sesión de ejercicios físicos. Su interacción es basada en voz, por lo que por medio de diálogos y palabras alentadoras motiva a los adultos mayores a completar ejercicios los cuales son evaluados por el mismo robot para decidir si el participante cumple con una determinada rutina de ejercicios. Los resultados muestran que las capacidades motivacionales y personalizadas del robot son efectivas en términos de diversión, compañía y como entrenador de ejercicios de acuerdo a la evaluación de los participantes. Robovie (Sabelli *et al.*, 2011) es un robot conversacional controlado por un operador humano para interactuar y conversar con AcD en una residencia ge-

riática. Robovie basa su interacción con los AcD en conversaciones y motiva que los adultos mayores platicuen con él. Después de un estudio de 3.5 meses en una residencia geriátrica, uno de los hallazgos más importantes es el hecho de que los adultos mayores pueden establecer una conversación con un robot, aún sabiendo que no es un humano, ya que la apariencia de Robovie es de una máquina.

Uno de los trabajos más relevantes en el uso de RAS para intervenciones con adultos mayores sin o con demencia es el robot PARO, un robot zoomórfico terapéutico. Así lo reportan trabajos de revisión de literatura del uso de RAS para estas poblaciones (Broekens *et al.*, 2009; Mordoch *et al.*, 2013; Pu *et al.*, 2019; Góngora Alonso *et al.*, 2019). PARO es un robot diseñado específicamente para propósitos de terapia (Shibata, 2012). El robot PARO trata de cubrir algunas de las necesidades del adulto mayor, incluyendo la atención por largos periodos, recibir atención, estimulación positiva emocional y social. Los resultados cualitativos por observación con respecto al comportamiento de los AcD, han reportado mejora de la comunicación, reducción de la agresión, reducción de la deambulación y mejora de la sociabilidad (Shibata, 2012; Shibata y Wada, 2011).

#### **2.4. Robots de asistencia social en cuidados del adulto mayor con demencia**

Como se ha reportado en revisiones de literatura como Broekens *et al.* (2009) Mordoch *et al.* (2013), Pu *et al.* (2019) y Góngora Alonso *et al.* (2019) se han explorado distintos enfoques para utilizar RAS en diferentes ámbitos del cuidado de los adultos mayores con el objetivo de proporcionar ayuda a los cuidadores y mejorar la calidad de vida de pacientes geriátricos.

Brian 2.1 (McColl *et al.*, 2013) es un RAS que se enfoca en proporcionar asistencia mediante dos intervenciones, una durante la hora de la comida y otra por medio de una actividad recreativa (juego de memorama). El robot utiliza estrategias adaptativas (e.g. mostrando tristeza si el participante es apático a la comida) y motivacionales (e.g., celebrar los logros, motivar y ayudar durante el juego). Los resultados muestran que los participantes completan las tareas y se enganchan en la interacción con el robot. Además, los pacientes reportaron una buena percepción acerca de las emociones del robot, uso del mismo, disfrute de la interacción y la sociabilidad del robot.

Sabanovic *et al.* (2013) reportan un estudio de siete semanas donde 10 AcDs participaron en una terapia multi-sensorial de comportamiento (TMSC) utilizando a PARO. Los participantes interactuaron con el robot una vez a la semana en una sesión grupal de TMSC de entre 20 y 45 minutos, las cuales fueron guiadas por un terapeuta profesional. Basado en un estudio observacional, el grupo de investigación evaluó la interacción entre los AcDs y PARO durante las siete sesiones. Los resultados reportan un incremento en el nivel de actividad e interacción con el robot en términos del tiempo de la interacción física (caricias, abrazos) y verbal con el robot.

Tapus *et al.* (2009) reportan un estudio de seis meses con 10 AcDs donde un robot humanoide fue utilizado como terapeuta. Las sesiones terapéuticas fueron realizadas con el objetivo de mejorar el nivel de atención del paciente en un juego musical que tiene como meta estimular cognitivamente a los AcDs. Durante la sesión, el robot motiva a los AcDs a participar utilizando audios pregrabados con voz humana, además de expresiones faciales y corporales. Los resultados muestran una mejora en el desempeño del juego por parte de los participantes. Adicionalmente, el equipo de investigación observó que los AcDs se involucraban e interactuaban más con el robot y el modo de juego en cada sesión.

Particularmente, hay estudios que reportan intervenciones no farmacológicas completas utilizando un RAS enfocadas en el cuidado y calidad de vida de los AcDs. Además, estos estudios realizan una evaluación acerca del impacto que puede tener la INF que hace uso de uno o varios RAS.

Petersen *et al.* (2016) reportan un estudio de una INF utilizando el robot PARO en intervenciones grupales en 61 AcD durante un periodo de doce semanas con tres sesiones de 20 minutos por semana. Las sesiones fueron conducidas por un terapeuta y personal de las unidades de ayuda para la demencia. Durante la sesión el personal motivaba e invitaba a los participantes a interactuar con PARO. El método de evaluación fue comparar a un grupo que participó en la intervención y un grupo de control que recibió los cuidados normales. Los datos se obtuvieron antes y después de la intervención por medio de los instrumentos: escala de ansiedad en la demencia (RAID), escala de Cornell para la depresión en la demencia (CSDD), la escala global de deterioro (GDS). Además, antes y después de cada sesión se obtuvieron por cada participante datos de la frecuencia y oximetría del pulso, la respuesta galvánica de la piel (GSR) y

la utilización de medicamentos. Los resultados muestran que para los AcDs que participaron en la INF con PARO hubo una reducción del estrés y la depresión lo que se tradujo en la reducción en el uso de medicamentos psicoactivos y para el dolor.

Liang *et al.* (2017) reportan un estudio para investigar los efectos afectivos, sociales, de comportamiento y psicológicos de una INF utilizando el robot PARO. Durante el estudio participaron 30 AcDs divididos de forma aleatoria en un grupo de tratamiento y uno de control que recibió los cuidados habituales. La INF se realizó en dos etapas, la primera compuesta por 2 sesiones grupales de 30 minutos por semana a lo largo 6 semanas y la segunda por 6 semanas con un robot PARO en los hogares de cada participante. Durante las sesiones grupales, miembros del grupo de investigación realizaron una sesión abierta donde presentaban al robot PARO, y motivaban a cada participante a interactuar con el robot por 5 minutos antes de pasarlo al siguiente participante. En la segunda etapa se entregaba un robot PARO en la casa de cada participante, acompañado de un manual para que los participantes y cuidadores hicieran uso del robot de acuerdo a sus necesidades. Los instrumentos utilizados para la obtención de datos fueron la examinación cognitiva de Addenbrooke, CSDD, Inventario Neuropsiquiátrico (NPI) y el inventario Cohen-Mansfield para la agitación (CMAI). Además se realizaron observaciones para registrar las respuestas durante la interacción con el robot, registros fisiológicos (cortisol y presión arterial) y medicación. Los resultados de las observaciones muestran una mejora significativa en la expresión facial (afecto) y comunicación con el personal (interacción social). Sin embargo, no hubo diferencias significativas en los síntomas de la demencia, ni de las medidas fisiológicas entre el grupo de intervención y el de control.

En Valentí Soler *et al.* (2015) se reporta un estudio longitudinal donde 101 AcDs participaron. La intervención fue compuesta por sesiones terapéuticas que se realizaron 2 veces por semana durante 3 meses en una residencia geriátrica y en una casa de día para adultos mayores. Todas las sesiones terapéuticas fueron realizadas por un terapeuta que utilizó dos robots (PARO y NAO) como elementos de la terapia. Los participantes interactuaron con los robots y el terapeuta bajo una misma estructura: saludos al grupo, presentación, ejercicios terapéuticos (cognitivos o físicos) y despedida. El equipo de investigación evaluó el comportamiento y estado cognitivo de los participantes utilizando instrumentos como Mini-Examen del Estado Mental (MMSE),

NPI, GDS, y Calidad de Vida en la Demencia en Etapa Avanzada (QUALID). La evaluación requirió de entrevistas con el personal de cuidadores acerca del desempeño de los participantes. Los resultados del estudio no reportan una diferencia estadísticamente significativa en el estado cognitivo de los participantes (GDS, MMSE). Sin embargo, el análisis reporta una mejora en la calidad de vida de los participantes (QUALID). Adicionalmente, los participantes, que interactuaron con el robot NAO, mejoraron su puntuación total del NPI, y en síntomas específicos como delirios, apatía e irritabilidad. Mientras que el grupo que interactuó con el robot PARO mostraron mejoría en síntomas como irritabilidad, alucinaciones y comportamiento nocturno.

## **2.5. Conclusiones del capítulo**

Los trabajos presentados en el capítulo muestran la factibilidad del uso de RAS como apoyo en el cuidado del AcD. Son diversos los tipos de estrategias de interacción utilizados por los RAS para involucrar y enganchar a los AcD durante sesiones de interacción. Sin embargo, como se ha recalcado, la mayoría de los trabajos se centran en el uso de RAS de compañía como PARO, que si bien han demostrado su efectividad, ponen de manifiesto la limitada interacción que pueden tener los AcD con este tipo de robots, la cual se restringe a una experiencia de estimulación táctil y visual con una retroalimentación limitada por parte del robot. Dentro de la revisión de literatura llevada a cabo, son limitados los trabajos que reportan el uso de otro tipo de estrategias de interacción y en la mayoría de los casos las intervenciones se realizan bajo el enfoque de Mago de Oz (en donde un operador humano controla el comportamiento del robot) o por medio un terapeuta o cuidador que usa al robot como parte de la intervención. Lo anterior pone de manifiesto la oportunidad para el diseño y desarrollo de nuevas formas de interacción, como el uso de la comunicación verbal, para un RAS que pueda conducir de forma autónoma una INF, así como la evaluación de la eficacia para realizar dicha tarea.

Tomando en cuenta los límites y alcances de nuestra revisión de literatura, la mayoría de los trabajos reportan resultados durante la interacción con el robot, que si bien son de importancia para evaluar la eficacia del robot para interactuar con los AcD, también es necesario evaluar el impacto a mediano plazo de las INFs guiadas por un RAS.

## Capítulo 3. Estudio de adopción de un robot conversacional para interactuar con adultos mayores con demencia

---

### 3.1. Diseño de un RAS para intervenciones no-farmacológicas para la demencia

La primera fase de trabajo de investigación se enfocó en la adopción de un robot conversacional por parte de los adultos mayores con demencia (AcD). Como punto inicial de la primera fase de la metodología, se llevaron a cabo estudios basados en grupos focales, entrevistas con expertos (cuidadores y médicos geriatras) y estudios observacionales (véase Tabla 1). Con estos estudios se definieron las características básicas del robot, así como escenarios factibles para una intervención conducida por el robot. De igual forma, se realizó una prueba piloto con los usuarios finales, en este caso AcD, para obtener información acerca del contexto social y cultural de los participantes que puede influir en la aceptación de la tecnología (De Graaf *et al.*, 2017) y con ello aplicar ese conocimiento en el diseño y características de interacción del robot.

A continuación se enlistan los resultados más importantes derivados de los estudios, que guiaron el diseño del robot y de la sesión conducida por el mismo.

- **Comunicación verbal.** La principal forma de interacción de los cuidadores con AcD es la comunicación verbal sobre lenguaje corporal u otro tipo de comunicación.
- **Interacción social personalizada.** La principal estrategia para lidiar con comportamientos problemáticos de los AcD es la interacción social. En particular, establecer conversaciones personalizadas con los residentes.
- **Uso de música.** Los resultados muestran que el uso de música es un factor esencial para la creación de un vínculo y aceptación del robot por parte de los AcD.
- **Comportamiento proactivo.** Los resultados de las sesiones de co-diseño sugerían un modo reactivo para el robot (i.e., una entrada del usuario dispara la interacción). Sin embargo, los resultados de estudios con AcD muestran que el

**Tabla 1.** Resumen de los estudios para el diseño de un RAS para llevar a cabo intervenciones no-farmacológicas con AcD.

#	Actividad	Objetivo	Participantes
1	Estudio contextual con entrevistas semi-estructuradas analizadas mediante codificación abierta y axial (Cruz-Sandoval y Favela, 2016)	Determinar las estrategias efectivas de los cuidadores para interactuar y lidiar con comportamientos problemáticos del AcD.	4 cuidadores (2M/2H) 1 experta en INF 1 experta en comportamiento y cognición 1 médico geriatra
2	Estudio contextual de observación pasiva (Cruz-Sandoval y Favela, 2016)	Determinar las formas de interacción con los AcD, así como sus actividades y desenvolvimiento en la residencia geriátrica.	6 AcD (1 deterioro cognitivo, 1 demencia de Lewy, 4 Alzheimer)
3	Estudio piloto con cuidadores (Cruz-Sandoval y Favela, 2017a)	Evaluar la percepción de los cuidadores del robot conversacional. Obtener información para rediseñar y mejorar el prototipo.	8 cuidadores de una residencia geriátrica (5M/3H)
4	Grupo focal para co-diseño de escenarios de aplicación (Cruz-Sandoval y Favela, 2017b)	Establecer características y escenarios realistas del uso de robots conversacionales para INF exitosas con AcD.	9 cuidadores de una residencia geriátrica (5M/4H).
5	Estudio piloto con AcD (Cruz-Sandoval y Favela, 2017b)	Estudio preliminar con AcD para evaluar la viabilidad de una INF conducida por un robot conversacional. Además, de informar mejoras técnicas en el prototipo.	8 AcD (7M/1H)

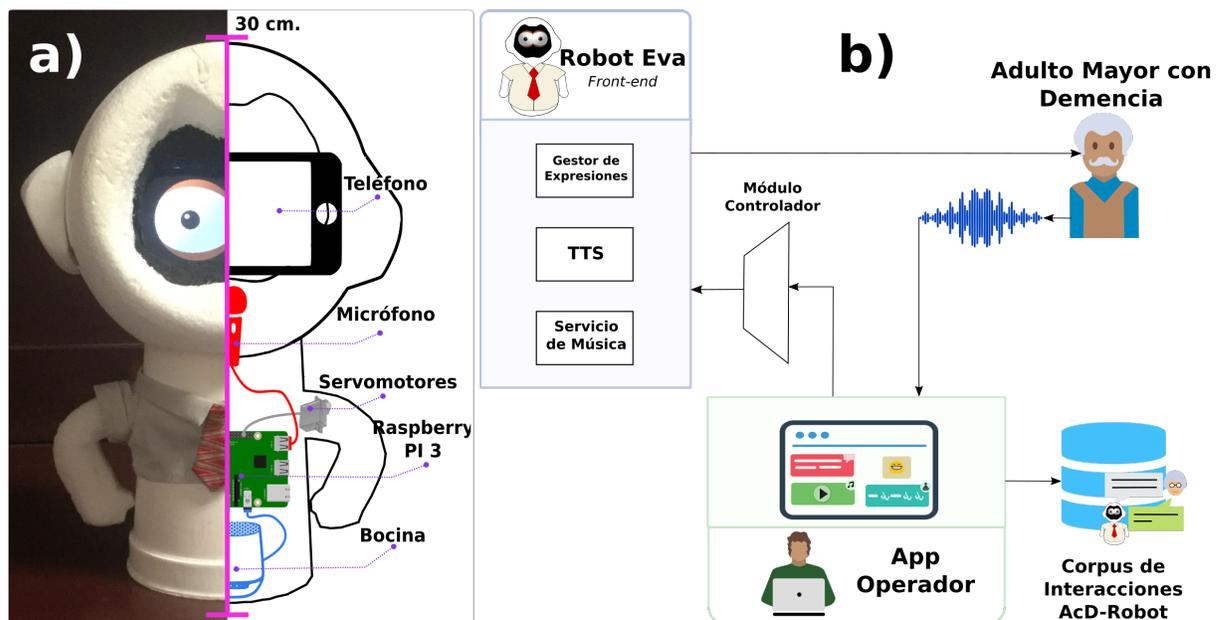
robot debe de tener un rol proactivo para motivar a los AcD a participar en la interacción.

- **Apariencia familiar.** Los expertos y cuidadores coincidieron en la necesidad del uso de apariencia familiar para el robot para promover la percepción de una “entidad social” (e.g., cuerpo, cara, ojos, otros) en el AcD y así evitar confusiones u otros conflictos como alucinaciones al no tener claro de dónde proviene la voz.

### 3.2. Robot conversacional Eva

Un prototipo de robot conversacional, llamado Eva, fue desarrollado basado en los resultados obtenidos en los estudios de diseño contextual. El prototipo fue diseñado e implementado con el objetivo de investigar más a fondo la aceptación y adopción del robot por parte de los AcD.

El robot Eva está basado en una tarjeta Raspberry PI 3 Model B+. Adicionalmente, los sensores (micrófono) y actuadores (bocina, servomotores) son conectados y controlados mediante la tarjeta, mientras que la pantalla de un teléfono celular es utilizada para desplegar la cara del robot (véase Figura 2a).

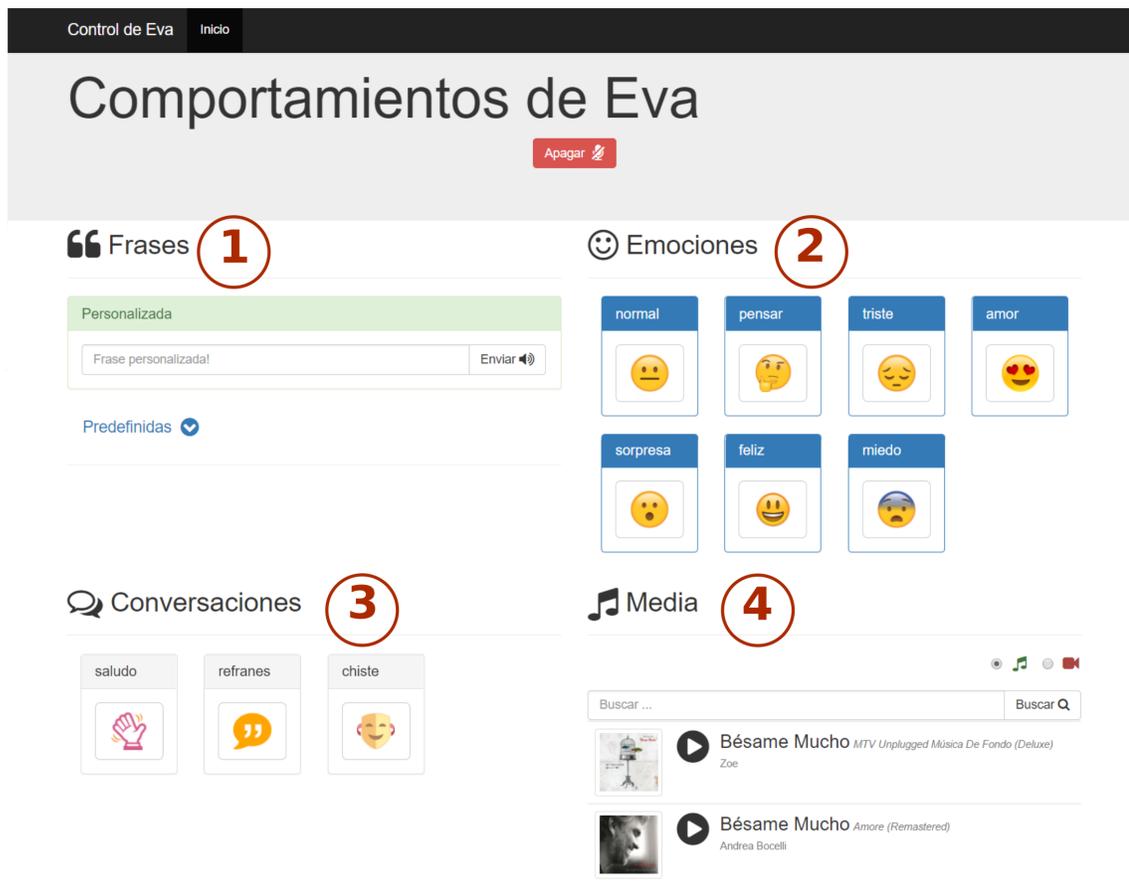


**Figura 2.** a) Apariencia y hardware utilizado para el primer prototipo del robot conversacional Eva. b) Arquitectura del robot Eva.

En esta primera etapa, la investigación se enfocó en cómo los AcD interactúan,

aceptan y adoptan al robot Eva. Adicionalmente, se planteó que los resultados e información obtenidos del estudio pudiesen informar nuevas características y formas de interacción a tomar en cuenta para una versión autónoma del robot. Así, el primer prototipo del robot conversacional fue diseñado y desarrollado para ser utilizado bajo un enfoque Mago de Oz (MoZ). MoZ se refiere a una persona (comúnmente el experimentador) que opera de forma remota el robot, controlando el comportamiento del robot como su movimiento, habla, gestos y otros (Riek, 2012). Este enfoque es utilizado debido a que los robots no están lo suficientemente avanzados para interactuar de forma autónoma con los usuarios finales de una manera adecuada, por lo que esta técnica permite proporcionar a los usuarios finales una idea clara de cómo podría ser la interacción futura (Riek, 2012). En ese aspecto, se utilizó esta técnica también para probar aspectos iniciales del diseño del robot Eva como parte de un proceso de un diseño iterativo.

Por lo anterior, la primera versión del robot Eva fue desarrollada para ser operada remotamente (véase Figura 2b). Dentro de la arquitectura se utiliza un servicio cognitivo alojado en la nube para la síntesis de voz como Text-To-Speech (TTS) de IBM Watson; así como un servicio para reproducir música en este caso proporcionado por API Google Music. Además, por medio de una aplicación Web un operador humano puede manipular y controlar los comportamientos y funciones del robot Eva de forma remota (véase Figura 3). Dentro de la aplicación de operación se pueden controlar: 1) las frases que el robot emite, ingresando de forma manual la frase o eligiendo una de las frases predefinidas, 2) las emociones que el robot puede representar (pensando, tristeza, amor, sorpresa, felicidad y miedo), 3) actividades predefinidas como saludo, completar refranes y decir un chiste, y 4) un reproductor de música donde el operador puede buscar, reproducir, pausar y detener canciones. Además, toda la información de las sesiones de interacción fue almacenada en un corpus de interacciones entre los AcD y el robot, lo anterior con el objetivo de analizar estas interacciones y desarrollar modelos autónomos de interacción que puedan ser incorporados al robot Eva. En el Anexo A de esta tesis se puede consultar más información sobre las versiones y componentes del robot Eva.



**Figura 3.** Aplicación para controlar los comportamientos y funciones del robot Eva

### 3.3. Estrategias de comunicación para interactuar con AcD

El contacto humano uno a uno con AcD ha sido reportado como altamente efectivo para el manejo de desórdenes conductuales Cohen-Mansfield (2013). Este contacto humano está principalmente basado en comunicación verbal. Sin embargo, establecer una comunicación verbal con AcD es altamente desafiante, particularmente para cuidadores informales sin previo entrenamiento. Esto debido a que suelen presentarse muchas fallas en la comunicación por los deterioros de lenguaje asociados a la demencia, tales como problemas para encontrar la palabra correcta, comprensión y fluidez verbal y prosodia (Small *et al.*, 2003). Así, diversas organizaciones y autores han propuesto estrategias para establecer y mejorar la comunicación verbal con AcD. La Tabla 2 muestra un compendio de estrategias obtenidas en nuestra revisión de literatura, además de una comparación de las coincidencias y divergencias entre autores. Dentro de los autores consultados hay un consenso considerable en las estrategias recomendadas, donde 17/18 de las estrategias son recomendadas al menos por dos

de las cuatro fuentes, mientras que 7 son recomendadas por al menos tres fuentes.

### **3.3.1. Incorporando estrategias de comunicación en el robot Eva**

Las estrategias de comunicación obtenidas se clasificaron en dos categorías con base en la profundidad de conversación demanda en el robot. La clasificación se realizó en base a las capacidades del robot Eva para este estudio, así las estrategias de comunicación básica (ECB) son aquellas que pueden ser implementadas en el robot con las funcionalidades actuales o pueden ser controladas por medio de intervenciones sencillas del operador, por ejemplo configurar los elementos de la voz del robot para hacer que hable de forma lenta y clara (E2) o repetir una frase si el participante no la entendió (E9). En el caso de las estrategias de la conversación sostenida (ECS) son aquellas que necesitan una alta participación del operador ya que requerirían de funcionalidades de mayor complejidad (e.g., memoria, conocimiento de los participantes y capacidad para recuperarse a fallos de comunicación durante la interacción) del robot Eva. La primera categoría se enfocó en estrategias de comunicación básica para conversaciones de baja importancia (e.g., saludos, interacción pregunta/respuesta). La segunda categoría agrupa a aquellas estrategias que son requeridas para establecer una conversación sostenida (e.g., conversación sobre tópicos de interés para el AcD). La Tabla 3 muestra la clasificación de las estrategias presentadas en la sección anterior, y cómo fueron implementadas durante la interacción: como una característica inherente al robot (R+), como parte de las condiciones del entorno (E), o si fue implementada directamente por el operador (O).

En la siguiente sección se describe un estudio para evaluar cómo afecta el uso de estas estrategias en la aceptación y adopción del robot por parte de un grupo de AcD. Además, se evalúa la eficacia de estas estrategias, y la diferencia en el impacto de estrategias de bajo nivel como las estrategias de comunicación básica con respecto a estrategias de alto nivel como las estrategias de conversación sostenida.

**Tabla 2.** Compendio y comparación de estrategias recomendadas para establecer y mejorar la comunicación (ECM) con el AcD.

Autor	Estrategia																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Small y Gutman (2002)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
Pope y Davis (2011)	•	•						•	•	•	•	•	•	•				•
Alzheimer's Association (2016)	•	•	•	•		•	•				•	•		•	•	•	•	
Sherman (1999)	•		•	•	•	•							•	•	•	•	•	

E1. Utilizar frases cortas y simples.

E2. Hablar claro y lento.

E3. Preguntar o dar una instrucción a la vez.

E4. Hablar al paciente por el frente y establecer y mantener contacto visual.

E5. Eliminar distracciones (e.g., TV, radio).

E6. Evitar interrumpir al paciente.

E7. Utilizar preguntas "sí/no" en lugar de preguntas abiertas.

E8. Promover la circunlocución (motivar al paciente que describa la palabra que desea utilizar).

E9. Repetir el mensaje utilizando las mismas palabras.

E10. Refrasear los mensajes repetidos.

E11. Dar al paciente el tiempo suficiente para responder.

E12. Conversar acerca de los temas de interés del AcD.

E13. Mostrar interés en la conversación.

E14. Personalizar la conversación.

E15. Utilizar elogios y frases motivacionales.

E16. Utilizar humor para aligerar el estado de ánimo del paciente y hacer la comunicación más fácil.

E17. Expresar emociones con lenguaje corporal, gestos y expresiones faciales.

E18. Obtener información interesante para la persona y reutilizar esta en nuevas conversaciones.

**Tabla 3.** Clasificación de las estrategias de comunicación y cómo fueron implementadas durante la interacción: característica inherente al robot (**R+**), como parte de las condiciones del entorno (**E**), o si fue implementada directamente por el operador (**O**).

<b>Categoría</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Implementación</b>	<b>Rol</b>
Estrategias de comunicación básica (ECB)	E1	Crear enunciados con no más de 6 palabras dentro de las frases predefinidas del robot. Evitar los pronombres.	O, R+
	E2	Reducir la velocidad del sintetizador de voz (100 % a 70 %)	R+
	E3	Retardar cada enunciado de la frase en 10 segundos.	R+
	E4	Colocar el robot enfrente del participante. Presentar al robot antes de la interacción. Agregar controles para manejar la dirección de la mirada del operador para dirigirla hacia el participante que este hablando.	E, R+, O
	E5	Definir un lugar en dónde el AcD pueda centrarse en el robot, evitando cualquier tipo de distracción.	E
	E6	Escuchar y tratar de interpretar el significado correcto, Si el AcD dice algo extraño, evitar interrumpir o criticarlo.	O
	E7	Utilizar preguntas para simplificar respuestas. Por ejemplo, “¿Eres de Coahuila?” en lugar de “¿De dónde eres?”	O
	E9	Agregar un botón en la aplicación para que el operador pueda repetir la última frase del robot.	R+, O
	E11	El operador debe de dar tiempo para escuchar la frase completa del AcD.	O
	E14	Referirse a los participantes por su nombre. Agregar los nombres de los participantes como frases predefinidas, y así el operador pueda usarlo de manera rápida.	R+, O
	E15	Establecer un conjunto de frases para elogiar y motivar al AcD (e.g., “te ves muy bien hoy”, “cantas muy bien”).	R+, O
	E17	Desplegar emociones en la cara de Eva durante la interacción.	O, R+
	Estrategias de conversación sostenida (ECS)	E8	Ayudar al participante a completar la frase o encontrar la palabra correcta.
E10		Utilizar palabras diferentes o reestructurar la frase.	O
E12		Abordar temas de conversación para los cuales hay evidencia que los AcD se involucran y disfrutan.	O
E13		Utilizar conectores conversacionales (e.g., ¿en verdad?, ¡Cuéntame más!, ¡Que interesante! ) para motivar al AcD a hablar. Mostrar expresiones de interés en la cara del robot.	R+, O
E16		Estar consciente del contexto de la conversación para así realizar comentarios de humor apropiados.	O
E18		Tomar notas de información relevante durante la conversación. Utilizar esta información para establecer una conversación durante interacciones posteriores.	O

### **3.4. Evaluación de las estrategias de comunicación incorporadas en el robot Eva**

El estudio propuesto se enfoca en la evaluación de la eficacia de las estrategias de comunicación presentadas en la sección anterior, durante interacciones entre ACD y el robot conversacional Eva. Lo anterior con el objetivo de promover la adopción del robot conversacional por parte de los participantes. Este estudio se encuentra directamente relacionado a la consecución de los objetivos específicos 1 y 2 planteados en la sección 1.6.2. Para lo cual se han planteado las siguientes preguntas de investigación:

- PI-1. ¿Puede el uso de estrategias de conversación sostenida incrementar la comunicación entre los AcD y el robot?
- PI-2. ¿Puede el uso de las estrategias de conversación sostenida hacer la interacción más agradable al usuario?

Partiendo de las preguntas de investigación se diseñó un estudio para comparar el uso de ambas categorías de estrategias.

#### **3.4.1. Diseño del estudio**

Protocolos experimentales como el diseño de investigación por sujeto (Backman *et al.*, 1997) o simples estudios observacionales sin un grupo de control han sido ampliamente utilizados en el estudio de tecnologías de asistencia cognitiva (TAC) debido a su naturaleza exploratoria de este tipo de tecnologías. Retos como el reclutamiento de muestras de tamaño adecuado y debido a la variabilidad asociada con la demencia hace complicado la definición de un grupo de control (Czarnuch *et al.*, 2013). Por lo tanto, considerando adicionalmente que esta es una etapa de evaluación formativa, el diseño del estudio estuvo basado en un diseño de investigación por sujeto. Así, se definió un estudio AB (una fase de línea base + una fase de intervención) para evaluar los efectos de las estrategias de conversación en una interacción AcD-Robot.

Para la fase A del estudio, se incorporaron las estrategias de comunicación básica (ECB) en la interacción con el robot Eva para promover la comunicación directa con los

AcD. Durante la fase B, se utilizaron las estrategias de conversación sostenida (ECS) con el objetivo de involucrar más a los AcD en la interacción con el robot Eva.

La interacción con el robot Eva fue diseñada para promover la comunicación verbal. También fueron incluidos elementos de musicoterapia activa en ambas fases del estudio (Vink *et al.*, 2003), en los cuales los AcD participan activamente en una improvisación musical mientras el robot Eva reproduce música que ellos han solicitado. Adicionalmente, un cuidador se desempeñó como facilitador en el estudio debido a que la participación de una persona a la que los AcD conozcan y confíen es recomendable para la adopción de sistemas recreacionales en poblaciones con demencia (Lazar *et al.*, 2018). El facilitador actuó como un mediador entre los participantes y el robot. Las tareas del facilitador incluían hablar con el robot, motivar la participación y transmitir y repetir las frases del robot.

### **3.4.2. Participantes**

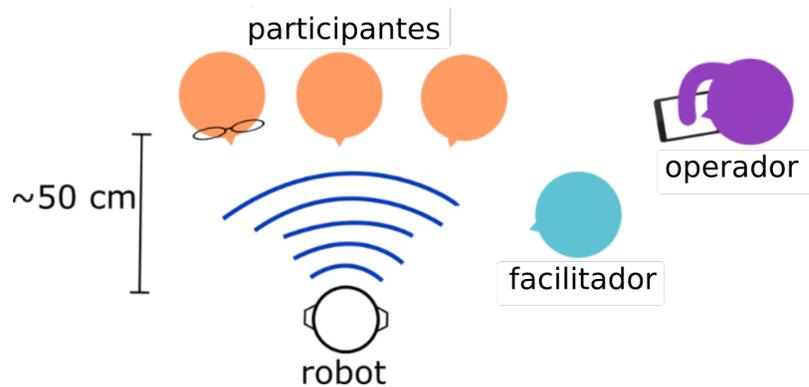
El criterio de inclusión para participar en el estudio fue el siguiente: 1) diagnosticado con algún tipo de demencia, 2) Entre 70 y 90 años de edad, 3) Capacidad de comunicarse verbalmente, 4) Un nivel de dicción correcto, y 5) Buen nivel de audición. Los cuidadores de la residencia geriátrica fueron consultados para determinar a los residentes viables para participar en el estudio. Lo anterior debido al conocimiento que tienen los cuidadores de los expedientes clínicos y condiciones mentales y físicas de los residentes.

### **3.4.3. Configuración y procedimiento**

El estudio fue realizado en las instalaciones de la residencia geriátrica ACAM Residencial, ubicada en la ciudad de Ensenada, donde todos los participantes viven. La intervención fue realizada bajo el enfoque de Mago de Oz, donde el comportamiento del robot fue totalmente controlado por un miembro del equipo de investigación. Cuatro roles estuvieron involucrados en las sesiones (véase Figura 4):

- **Participantes.** Grupos de máximo tres AcD por cada sesión.

- **Facilitador.** Un cuidador fungió como facilitador. Durante el estudio, dos cuidadores participaron como facilitadores (sólo uno por sesión).
- **Robot.** El robot conversacional Eva fue colocado enfrente de los participantes para interactuar con ellos.
- **Operador.** El operador (un miembro del equipo de investigación) estuvo fuera de la visibilidad de los participantes pero tenía una perspectiva audiovisual de la interacción.



**Figura 4.** Configuración para cada sesión de interacción.

#### 3.4.4. Recolección de datos

Las sesiones se realizaron en español y fueron videograbadas. Los videos se analizaron y los comportamientos de los participantes fueron sistemáticamente evaluados siguiendo un esquema de codificación basado en los siguientes constructos:

- Par-1. Enunciados emitidos por el AcD. El número total de enunciados emitidos por el AcD en la sesión. Se contabilizaron de manera separada aquellos enunciados que fueron dirigidos al robot, al facilitador o hacia otro participante.
- Par-2. Conversaciones sostenidas. Se contabilizaron las conversaciones sostenidas durante la interacción, las cuales son definidas como aquellas interacciones verbales sobre el mismo tema con 2 o más cambios de turno (Tappen *et al.*, 1997). Solo se contabilizaron las conversaciones sostenidas entre los participantes y el robot.

- Par-3. Expresiones de disfrute. El número de expresiones que denotan claramente que la persona está disfrutando de la interacción. Esto incluye las señales de felicidad y satisfacción definidas en la Affect Rating Scale (Lawton *et al.*, 1996), tales como sonrisa, carcajada, aplaudir, asentir con la cabeza, cantar y bailar.
- Par-4. Participaciones del facilitador. El número de frases emitidas por el facilitador hacia los participantes o el robot.
- Par-5. Número de canciones. Número de canciones reproducidas durante la sesión de interacción.

Los parámetros 1 a 3 fueron utilizadas para analizar la pregunta de investigación 1, relacionada con la comunicación directa entre los AcD y el robot Eva. Para el análisis de la pregunta de investigación 1, relacionada con el grado en que disfrutaban los AcD las sesiones con el robot, se utilizó el parámetro 4. Finalmente, se utilizó el parámetro 5 para analizar los elementos adicionales y cómo fueron cambiando durante el estudio. La codificación de todas las sesiones se realizó utilizando la herramienta Behavioral Observation Research Interactive Software (BORIS) (Friard y Gamba, 2016).

#### **3.4.5. Análisis de los datos**

La interpretación de los datos de un estudio de investigación por sujeto está basado en la presentación gráfica y el análisis visual (Zhan y Ottenbacher, 2001). El análisis visual enfatiza la significancia clínica sobre la significancia estadística y es uno de los métodos más utilizados y aceptados de análisis de datos para un diseño de investigación por sujeto. Un análisis puede concluir que una intervención es efectiva utilizando las siguientes afirmaciones. En primer lugar, no debe haber cambios o cambios menores en las condiciones experimentales. En segundo lugar, debe producirse un cambio evidente en el nivel, la tendencia o tanto el nivel como la tendencia cuando se introduce el tratamiento (Wolery y Harris, 1982).

Adicional al análisis visual, se utilizó el método de la tendencia por media dividida (split-middle trend lines) el cual es usado para mostrar un patrón de comportamiento del participante (Wolery y Harris, 1982). La línea de tendencia trazada para los datos

de la línea de base se proyecta en la fase de intervención para predecir el comportamiento del participante. Si el comportamiento del participante durante la fase de intervención es el mismo que durante la fase de línea de base, la pendiente de la línea de tendencia debería ser similar durante la fase de tratamiento y durante la fase de línea de base (Wolery y Harris, 1982).

Además, del método gráfico se realizó una prueba estadística (con un 95 % en el intervalo de confianza) para comparar ambas fases. Para ambos casos se utilizó la plataforma estadística R con el paquete RcmdrPlugin.SCDA (Single-Case Data Analysis).

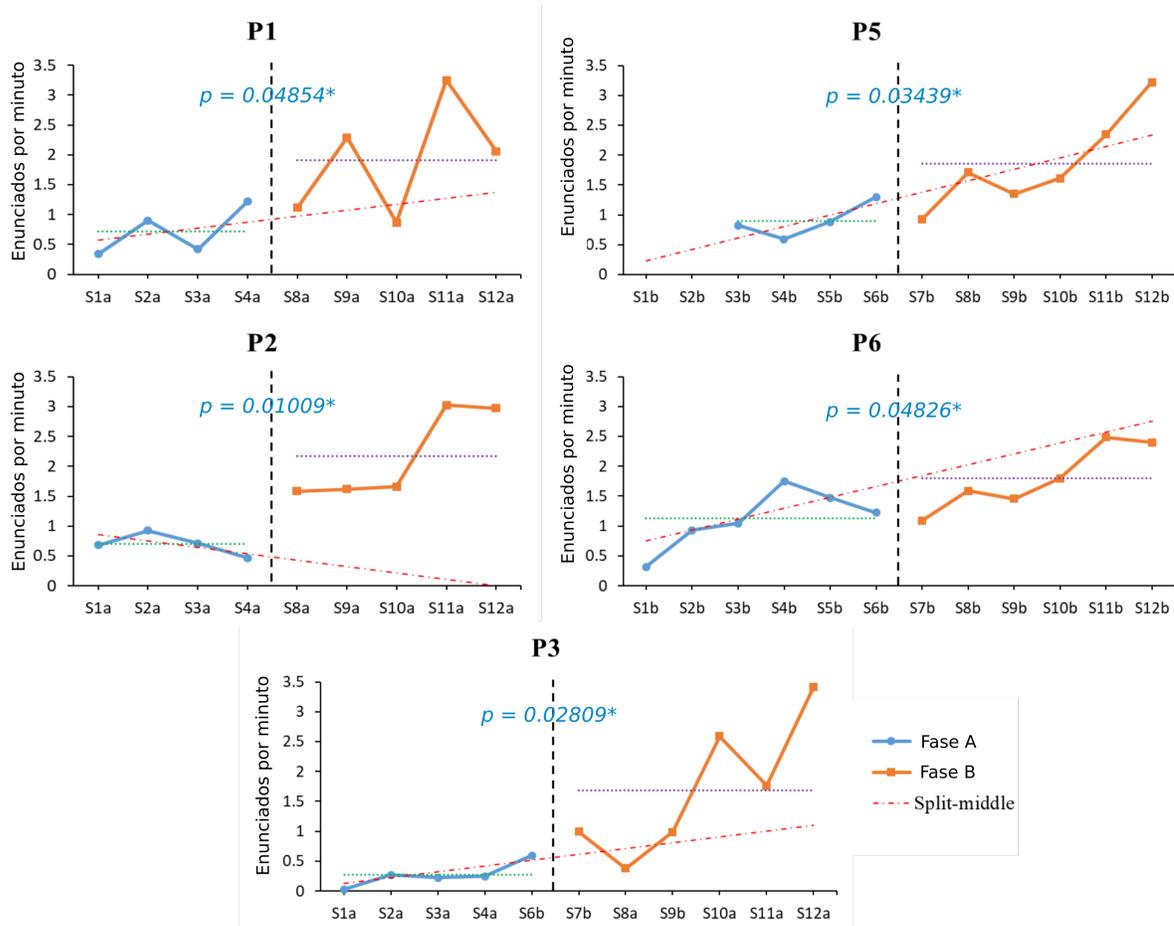
### **3.5. Resultados del estudio**

Se realizó un estudio piloto para validar la configuración del estudio y tener una idea inicial de la interacción entre los participantes y el robot Eva. El piloto estuvo compuesto por 2 sesiones con 2 grupos de 3 AcD. Posteriormente, el estudio estuvo compuesto por 23 sesiones grupales ( $\mu_t = 34.47min.$ ,  $\sigma_t = 4.56min.$ ). Un total de 12 participantes con edades entre 71 y 90 años ( $\mu_e = 80.25$ ,  $\sigma_e = 6.70$ ) diagnosticados con demencia participaron en el estudio. Los resultados de la prueba cognitiva Mini-Examen del Estado Mental (MMSE) denotaron una demencia leve a moderada en los participantes ( $\mu_{MMSE} = 14.10$ ,  $\sigma_{MMSE} = 4.58$ ) Sin embargo, no se tuvo un control total sobre la participación de los residentes debido a factores como indisposición, ausencia o visitas de familiares. Debido a que 5 de los participantes asistieron al menos al 80 % de las sesiones, nuestro análisis se centró en estos 5 participantes - P1 y P2 quienes participaron en la misma sesión grupal (9 sesiones S1a-S4a y S8a-S12a), P5 y P6 que participaron en otro grupo (12 sesiones S1b-S12b) y P3 que participó en ambos grupos (11 sesiones S1a-S4a, S6b-S7b, y S8a-S12a).

#### **3.5.1. Comunicación directa entre los AcD y el robot Eva**

La Figura 5 muestra los enunciados directos por minuto entre cada participante y el robot Eva. Como se muestra en la figura, la comunicación se incrementa en la fase B para todos los participantes. Mediante el análisis de la línea de tendencia split-middle, un incremento en los enunciados emitidos directamente al robot Eva fue observado para P1, P2, P3, y P5. De forma notable, P2 mostró un cambio positivo en el incremen-

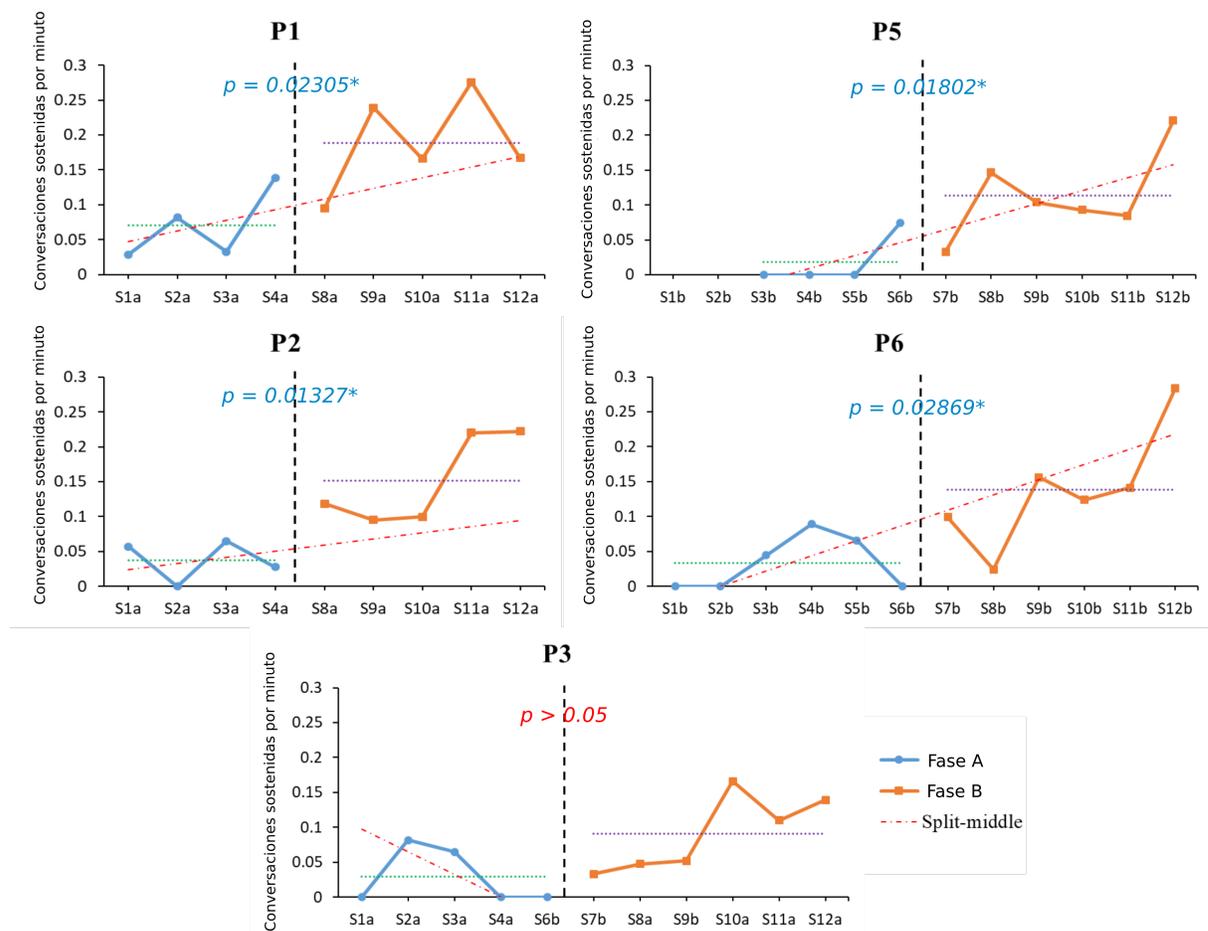
to de la comunicación directa con el robot, también exhibió el mayor incremento de 0.70 a 2.17 en número de enunciados por minuto. Por el contrario, aunque P6 aumentó el promedio de expresiones por minuto, esto no representó un cambio significativo en las expresiones directas hacia el robot. Adicionalmente, los resultados de la prueba t revelan un aumento estadísticamente significativo en las expresiones directas al robot para todos los participantes en la fase B, donde las estrategias de conversación sostenida fueron utilizadas.



**Figura 5.** Enunciados por minuto de cada participante a través del estudio (\* $p < 0.05$ ).

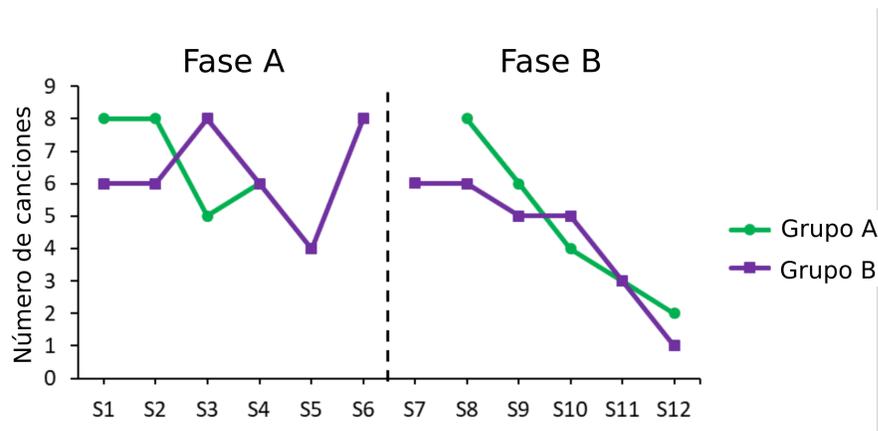
La Figura 6 muestra el número de conversaciones sostenidas por minuto para cada participante. Para todos los participantes hubo un incremento en el número de conversaciones sostenidas durante la fase B. Sin embargo, utilizando el análisis de la línea de tendencia, se puede concluir que las estrategias de conversación sostenida impactaron en la comunicación con P1, P2, P3 y P5. De nueva cuenta, P2 mostró el cambio más evidente. Para este caso, los resultados de la prueba t muestran una diferencia significativa excepto para P3. P3 tiene una clara tendencia a tomar el control

de las conversaciones teniendo como resultado respuestas largas con pocos cambios de turno en los diálogos. Con base en los resultados, se puede establecer que las conversaciones sostenidas con el robot Eva se incrementaron en la fase B, cuando las estrategias de conversación sostenida fueron utilizadas.



**Figura 6.** Conversaciones por minuto de cada participante a través del estudio (\* $p < 0.05$ ).

El resultado de los análisis por casos muestran una relación funcional entre el uso de las estrategias de conversación sostenida y el incremento en la comunicación directa (expresiones directas y conversaciones sostenidas) con el robot Eva. Por lo tanto, podemos concluir que en atención a la pregunta de investigación 1, el uso de las estrategias de conversación sostenida incrementa la comunicación entre los AcD y el robot conversacional Eva.



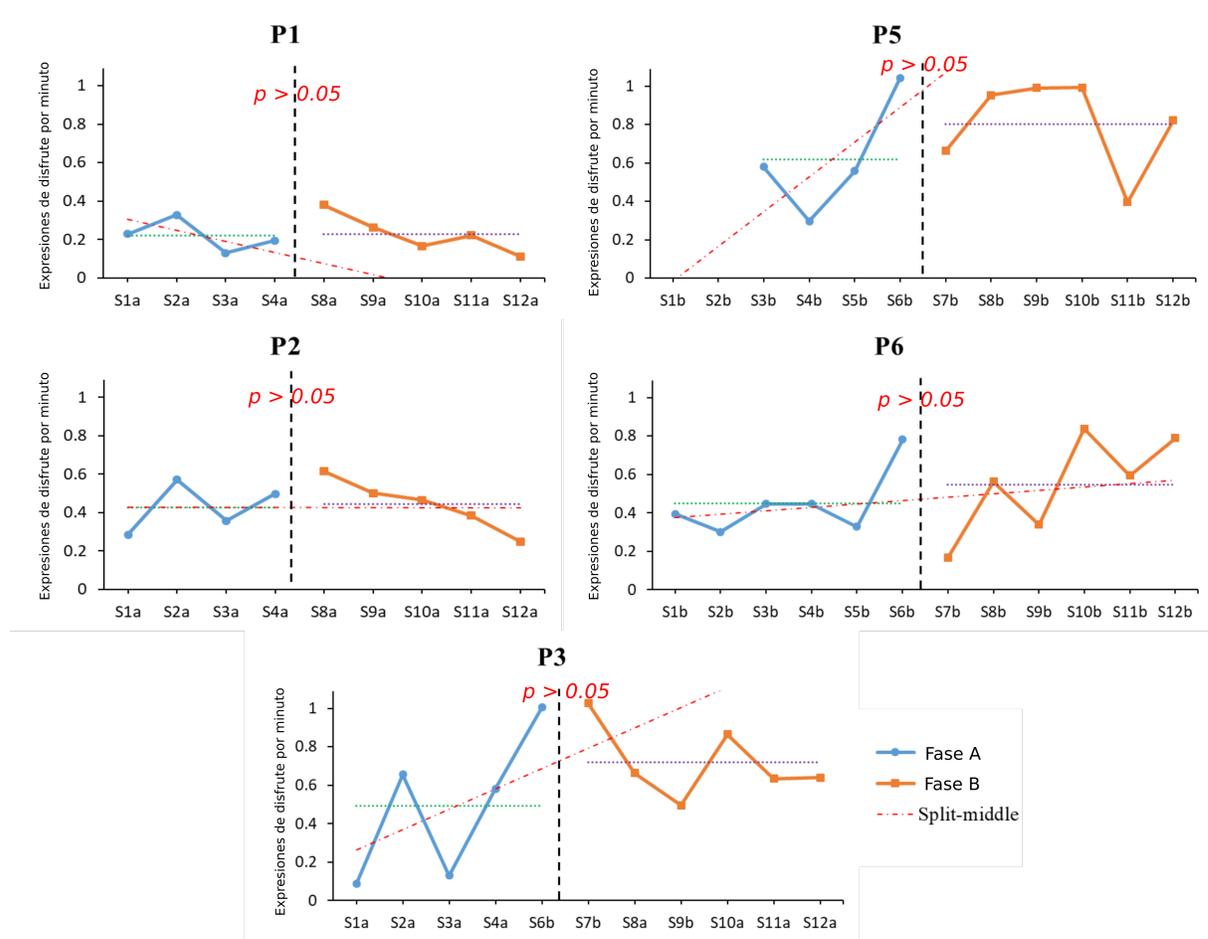
**Figura 7.** Número de canciones reproducidas por el robot Eva durante cada sesión del estudio.

### 3.5.2. Disfrute percibido de los AcD

La reproducción de la música fue basada en la petición de los participantes, por lo que a lo largo del estudio hubo una reducción gradual de las canciones reproducidas por el robot Eva (véase Figura 7) conforme los participantes incrementaron su interacción directa con el robot. La Figura 8 muestra las expresiones de disfrute por minuto para todos los participantes. A diferencia de las gráficas de la sección anterior, estos resultados no muestran un cambio claro en el comportamiento de los participantes. P1, P2 y P6 muestran un cambio menor o nulo en el promedio de las expresiones de disfrute. Mientras los resultados de la prueba t muestran que no existe un cambio estadísticamente significativo para los participantes. Por lo tanto, con respecto a la pregunta PI-2, se puede concluir que las sesiones donde se enfatizan las conversaciones sostenidas no son menos divertidas que aquellas basadas en interacciones verbales básicas y enfocadas en la música.

### 3.5.3. Evolución de la interacción

La Figura 9 muestra un mapa de calor que representa la interacción entre los AcD y el robot Eva durante la primera sesión (35:05 minutos). Cada elemento del mapa de calor representa el número de expresiones del participante, facilitador o robot durante 60 segundos. Los elementos se encuentran superpuestos por 30 segundos. Como se muestra en la Figura 9, el facilitador fue el más activo de la sesión (con un total de 91 frases). Además su periodo más activo fue durante la presentación del robot Eva a los participantes (periodos 1-3). El mapa de calor de las interacciones entre el robot y

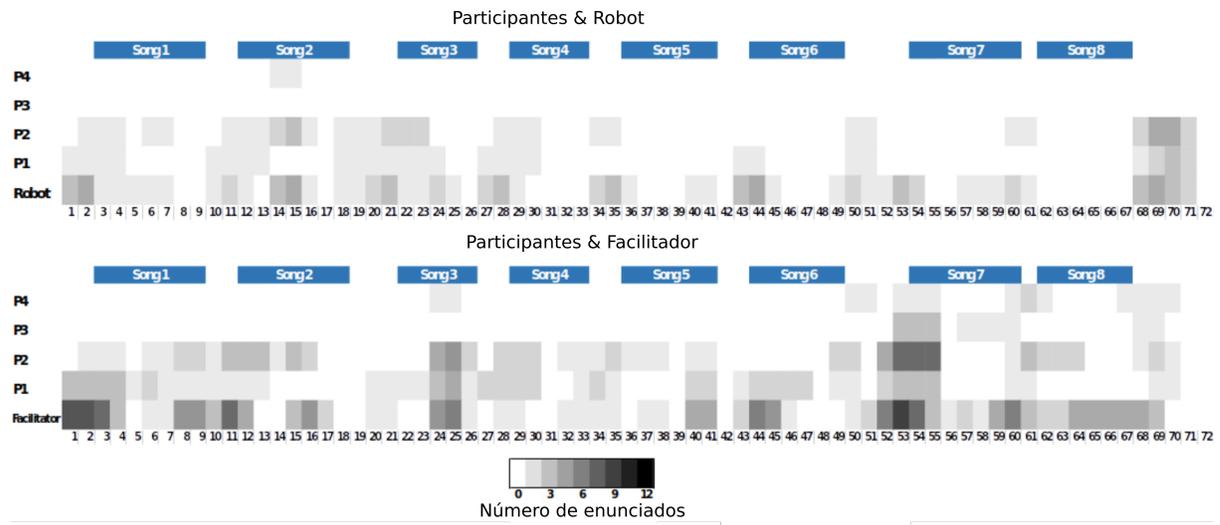


**Figura 8.** Número de expresiones de disfrute por minuto de cada participante a través del estudio ( $*p < 0.05$ ).

los AcD (arriba) muestra la poca interacción directa con el robot, sólo en los periodos donde el robot se despidió se nota un respuesta por parte de P1 y P2 (periodo 68-71).

El mismo mapa de calor fue obtenido para la primera sesión (25:05 minutos) por el grupo compuesto por P6, P7, P8 y P9 (véase Figura 10). Al igual que la sesión con el grupo anterior, el facilitador es el más activo con 70 expresiones durante la sesión, lo que se representa en una interacción más frecuente entre AcD-Facilitador que AcD-Robot, ya que la mayoría de las interacciones tiene al facilitador como mediador. En esta sesión P6 y P7 tuvieron una mayor interacción directa con el robot Eva.

En la segunda parte del estudio cuando se implementaron las estrategias de conversación sostenida, el facilitador tuvo una menor participación, incluso llegando a tener nula participación en las últimas sesiones. En estas sesiones, el robot Eva no sólo tomó el control de las sesiones sino que su interacción directa con los AcD se in-



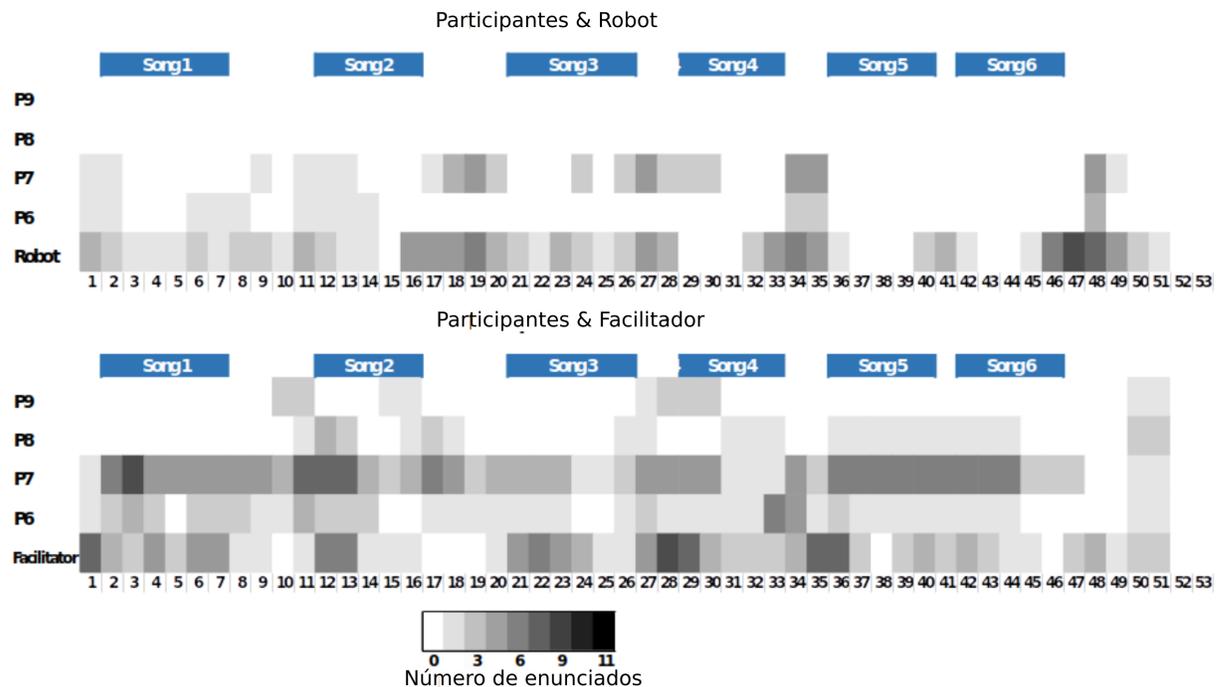
**Figura 9.** Mapa de calor de la interacción durante la sesión 1 del grupo compuesto por P1, P2, P3 y P4. Interacción entre los AcD y el robot (arriba). Interacción entre los AcD y el Facilitador (abajo).

crementó de forma significativa. La Figura 11 muestra el mapa de calor de las últimas dos sesiones donde participaron P1, P2 y P3. En contraste con el mapa de calor de la primera sesión donde participaron los tres AcD (véase Figura 9), la interacción verbal se incrementó de forma significativa. Durante estas sesiones, en varios periodos los participantes hablaron más que el robot Eva (periodos 16-21 y 50-54 en S12a, y los periodos 3-12 y 63-67 en S13a). La efectividad de la música se siguió manteniendo ya que los participantes cantaban y aplaudían, sin embargo, el número de canciones disminuyó considerablemente de 8 a 2 canciones por sesión.

Del mismo modo, el número de interacciones verbales se incrementaron para el grupo en donde solían participar P5 y P6 (véase Figura 12). Por ejemplo, un periodo con gran cantidad de intercambios entre P5, P6 y el robot Eva se puede observar en el periodo 24 a 41 en S12b (arriba). De igual forma, los periodos musicales disminuyeron pero la interacción del robot con los participantes se mantuvo.

### 3.6. Conclusiones del estudio

Los resultados proporcionan evidencia de que el uso de estrategias de alto nivel es efectivo para incrementar la comunicación entre los AcD y el robot conversacional Eva. Estas estrategias ayudaron a incrementar la comunicación directa en términos de número de expresiones emitidas por los AcD hacia el robot. Además, los AcD se involucraron en una mayor cantidad de conversaciones sostenidas cuando se incorpo-

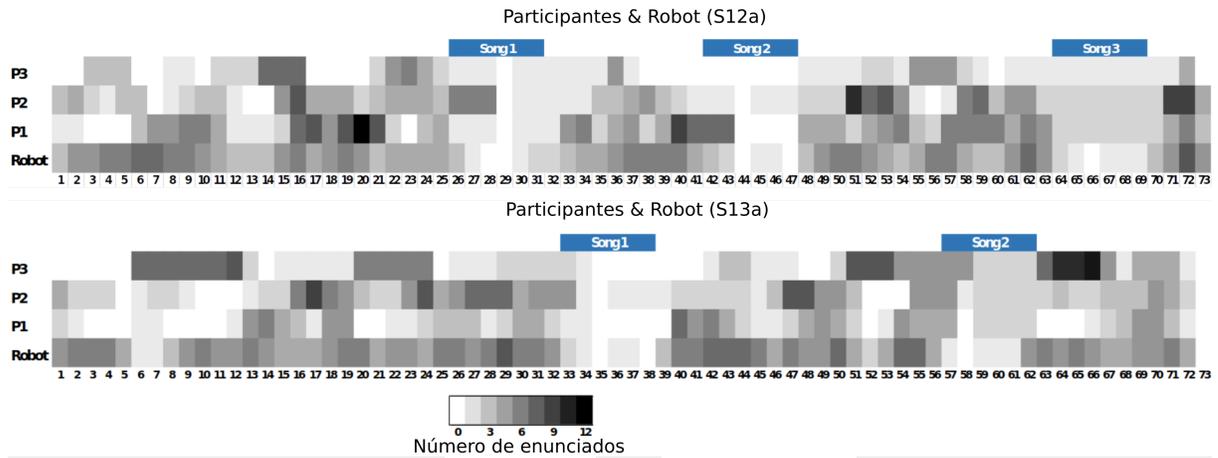


**Figura 10.** Mapa de calor de la interacción durante la sesión 1 del grupo compuesto por P6, P7, P8 y P9. Interacción entre los AcD y el robot (arriba). Interacción entre los AcD y el Facilitador (abajo).

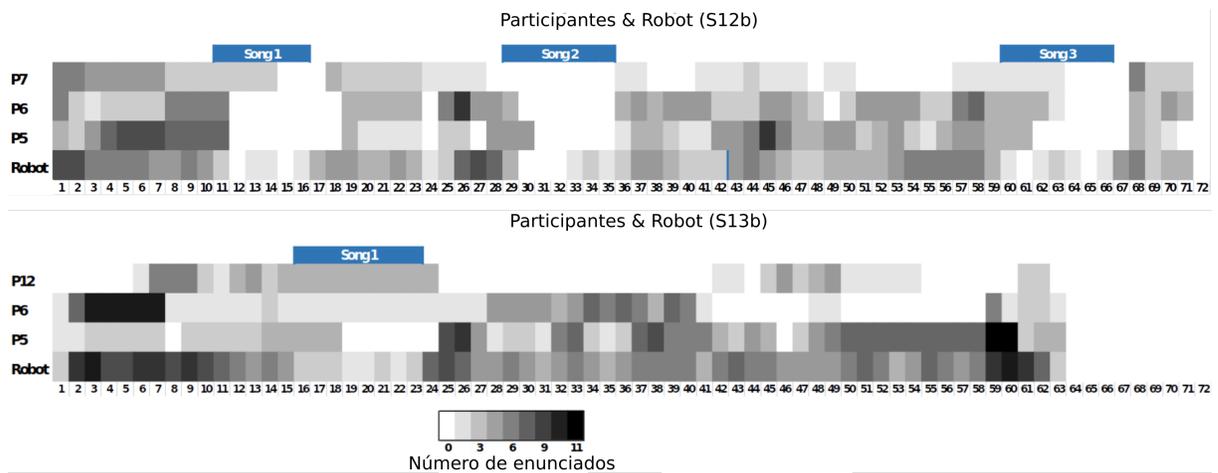
raron las estrategias de conversación sostenida en la intervención con el robot Eva. Así, queda de manifiesto la importancia de incluir este tipo de estrategias en el diseño de robots sociales basados en interacción por comunicación verbal con AcD.

La efectividad de la musicoterapia para AcD ha sido ampliamente reportada en la literatura. Durante el estudio, elementos de musicoterapia fueron exitosamente incluidos por el robot Eva. Los participantes disfrutaron la música ya que cantaban, aplaudían e incluso bailaban. Sin embargo, esto no disminuyó en la fase B donde un número menor de canciones fueron reproducidas y la interacción se enfocó en la comunicación verbal. Este resultado sugiere que los AcD disfrutaron la conversación llevada a cabo por el robot Eva, tanto como escuchando y cantando sus canciones favoritas.

Se realizó una intervención utilizando el robot Eva en donde se combinaron elementos de terapias de música y conversación, dos de las actividades recreativas favoritas de los AcD (Lazar *et al.*, 2018). Los resultados del estudio proporcionan evidencia de la aceptación y adopción exitosa del robot Eva. Los AcD que participaron en el estudio se involucraron y disfrutaron la interacción con el robot Eva. Esto demuestra la factibilidad de este tipo de intervenciones las cuales pueden auxiliar la estimulación cognitiva y social de los AcD.



**Figura 11.** Interacción entre P1, P2, P3 y el robot Eva en la sesión 12 (arriba) y la sesión 13 (abajo).



**Figura 12.** Interacción en las últimas sesiones donde participaron P5 y P6, la sesión 12 (arriba) y la sesión 13 (abajo).

Se propuso medir la interacción por comunicación verbal (voz) con el robot Eva por medio de los enunciados del AcD emitidos directamente al robot, además de las conversaciones sostenidas entre los dos. Lo anterior con el objetivo de evaluar la adopción del robot Eva por parte de los participantes. La adopción de una tecnología es un proceso que comienza con la toma de conciencia de la tecnología por parte del usuario y termina con la utilización de la misma por parte del usuario y su pleno aprovechamiento (Renaud y van Biljon, 2008). Basado en la definición anterior, los resultados obtenidos sugieren que la adopción del robot Eva por parte de los participantes fue exitosa, ya que en primera instancia los AcD aceptaron al robot dentro de su entorno, para posteriormente de manera gradual hacer uso del robot denotado por el incremento de la comunicación verbal (enunciados emitidos y conversaciones sostenidas).

Aunque estos resultados no se pueden generalizar para todos los AcD. Son un antecedente importante para el trabajo de investigación, ya que pone de manifiesto la posibilidad de utilizar estrategias de comunicación exitosas en una interacción AcD-cuidador (humano-humano) en interacciones AcD-robot (humano-robot).

Utilizando un enfoque de Mago de Oz, un operador humano controló el comportamiento y funciones del robot Eva. Sin embargo, el uso del método de Mago de Oz representa una limitación del estudio, ya que al ser utilizado este tipo de enfoque la personalidad del operador humano puede dominar el comportamiento del robot haciendo uso de elementos complejos como espontaneidad, consciencia del contexto y memoria (Riek, 2012), que en este punto no forman parte de las características del robot Eva. Por lo cual, es necesario la exploración de diversas técnicas para autonomizar estas estrategias conversacionales y convertirlas en características inherentes del comportamiento del robot Eva. Así, la información e interacciones recolectadas en este estudio fueron utilizadas para crear un corpus de interacciones entre AcD y el robot. En el siguiente capítulo de esta tesis se describe cómo fue utilizada esta información para realizar mejoras al robot Eva con el objetivo de brindarle un comportamiento autónomo.

## **Capítulo 4. Estudio para evaluar la eficacia de un robot conversacional para conducir una sesión interactiva de forma autónoma**

---

Los resultados del estudio presentado en el capítulo anterior muestran evidencia de una adopción exitosa del primer prototipo del robot Eva por parte de los AcD. Sin embargo, la intervención fue conducida bajo un enfoque de Mago de Oz en donde un operador controla las respuestas y comportamientos del robot basado en las entradas de voz de los participantes. La segunda fase de la investigación se enfocó en mejorar y desarrollar una nueva versión del robot conversacional Eva para conducir de forma autónoma la sesión con los AcD. En este capítulo se reporta el desarrollo de una versión autónoma del robot Eva . También se presentan los resultados de la evaluación del desempeño y efectividad de esta versión del robot Eva las cuales fueron comparadas con las sesiones realizadas bajo un enfoque Mago de Oz. Tanto el desarrollo como la evaluación de la versión autónoma del robot Eva se encuentran alineados al objetivo específico 3 presentado en la sección 1.6.2.

### **4.1. Autonomización del robot conversacional Eva**

El punto de partida para el desarrollo de una versión autónoma del robot fueron los hallazgos obtenidos del primer estudio bajo el enfoque Mago de Oz. Estos resultados delinearon las nuevas funciones y características a considerar para la nueva versión del robot conversacional.

- **Adopción.** Todos los participantes adoptaron al robot Eva de forma exitosa. Lo anterior denotado en el incremento de interacción verbal por medio de conversaciones sostenidas y frases emitidas directamente al robot por parte de los participantes. De manera frecuente eran expresivos y amables cuando hablaban con el robot. La mayoría de los participantes tenían una noción general acerca de la sesión con el robot, pero no de los detalles, como el nombre del robot y el orden de las actividades realizadas (conversaciones, música), aunque las sesiones eran muy parecidas. Esto muestra que no es necesario que en cada sesión se introduzcan nuevos elementos o se altere el orden de los mismos para que cada sesión

sea diferente. Se propuso el uso de un guion de terapia que establece el marco general (e.g., tipo y orden de las actividades) de cada sesión.

- **Personalización.** Los participantes no sólo tienen preferencias diferentes en cuanto al tema de conversación o la música que les gusta escuchar, sino también en la forma de responder y el nivel de comprensión en relación a qué tipos de preguntas o comentarios pueden responder. Por ejemplo, cuando el robot Eva les pedía una canción para reproducir, algunos de los participantes no pudieron dar respuesta a una pregunta abierta, pero no tenían problemas para elegir entre una serie de alternativas que el robot les ofrecía. Al tratarse de sesiones grupales, fue necesario personalizar (e.g., nombre, nombre corto, apelativo) cada comentario o pregunta para así promover la participación de todos y predecir el tipo de respuesta esperada. Por lo tanto, a partir de la información obtenida se pueden crear perfiles de los participantes para incluir información personal como temas de conversación, preferencias musicales y nivel de comprensión.
- **Respuestas consistentes.** Los participantes a menudo responden con una estructura muy similar en sus respuestas, o incluso la misma respuesta, a preguntas o comentarios del robot Eva a lo largo de las sesiones. Incluso las respuestas a los saludos y elogios fueron muy similares y bastante predecibles. Sin embargo, la longitud de las respuestas es diferente para cada participante, ya que algunos daban respuestas cortas y concretas, mientras que otros solían dar respuestas largas incluso a preguntas que requerían un simple sí o no. Como parte del perfil de usuario, también fue necesario incluir esta información sobre la forma en que cada participante suele responder (e.g., tiempo de respuesta, verbosidad) a determinadas consultas.
- **Tolerancia y recuperación a fallas de comunicación.** La forma en que los participantes hablan y se refieren al robot Eva indica que el modelo mental que ellos tienen del robot es de algún tipo de juguete sofisticado, pero con capacidades de comunicación limitadas en comparación con un humano. Normalmente suben el tono de su voz y hablan más claramente cuando se dirigen al robot Eva. De forma más significativa, con frecuencia los participantes se disculpan cuando hablan al mismo tiempo que el robot, y dejan de hablar para esperar que el robot Eva complete o repita la frase. Los participantes raramente se quejan si el robot cambia

repentinamente de tema de conversación. Por lo cual, la versión autónoma del robot Eva debe ser diseñado para guiar proactivamente las sesiones, incluyendo conversaciones y actividades, y cambiando el tema de conversación como una estrategia para resolver un fallo en la comunicación como el hecho de no poder elaborar sobre un nuevo tema de conversación.

#### **4.1.1. Proceso de autonomización**

Durante este proceso se realizaron 20 sesiones con los 5 participantes (P1, P2, P3, P5 y P6) del estudio anterior, de las cuales las primeras 4 siguieron un enfoque Mago de Oz, explorando los temas de interés y cómo los participantes responden ante estos cuestionamientos. De la sesión 5 a 10, una primera versión del guion de la sesión fue utilizada, la cual se fue depurando sesión tras sesión. De la sesión 11 a 14, cada expresión del guion de la sesión era mostrada en la aplicación del operador para que este la aprobara, modificara o reemplazara, lo que ahorró el esfuerzo del operador y delimitó las sesiones. A partir de la sesión 15, los segmentos del guion de la sesión fueron automatizados de forma gradual. Inicialmente, alrededor del 20% lo hacía el robot, subiendo hasta el 100% en las últimas sesiones. Esta estrategia permitió evaluar la eficacia del reconocimiento de voz, y los módulos de comprensión del lenguaje y manejo de la conversación, y así realizar los ajustes necesarios para estos componentes.

Las estrategias implementadas a lo largo de las primeras 20 sesiones permitieron conseguir que el robot Eva pudiera guiar las sesiones terapéuticas sin intervención humana. Estas estrategias incluyen lo siguiente:

- Dirigir la conversación a un participante a la vez. Mientras que expresiones como los saludos se dirigen a todos los participantes, la personalización fue una parte importante del guion de la sesión. Esto se hace al poner el nombre del participante al principio de las expresiones para que el participante esté atento y así tratar de evitar que dos o más personas hablen al mismo tiempo, lo que a menudo confunde al reconocedor de voz. En las últimas sesiones del estudio, 36% de las expresiones se dirigen a un participante en particular y un 64% al grupo.

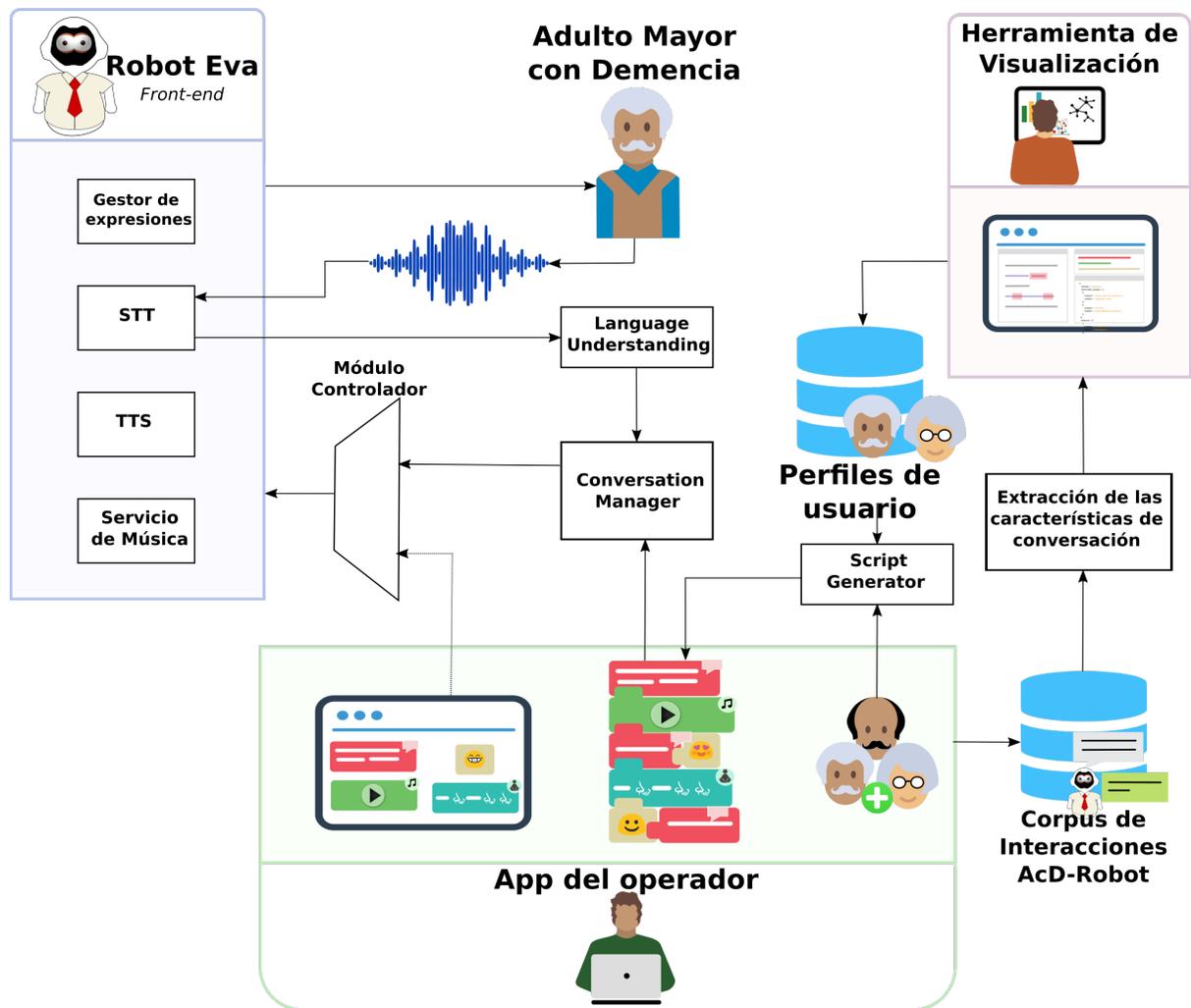
- Reformular las expresiones para evitar que los participantes respondan mientras el robot sigue hablando. Se observó que algunos errores en el reconocimiento de voz se debían al hecho de que los participantes empezaban a responder antes de que el robot completara la pregunta. Al reformular la pregunta o comentario, dejando la parte crítica del contenido al final, se evitó que los participantes hablarán antes de que el robot estuviera listo para escuchar. Por ejemplo, en lugar de preguntar “*Eres de {persona.birthplace}, ¿verdad {persona.name}?*”, el robot preguntó “*{persona.name}, ¿eres de {birthplace}?*”.
- Tiempo de espera personalizado. El generador del guion de sesión tiene en cuenta la duración media de las respuestas a una pregunta o comentario determinado de cada individuo para esperar una respuesta. Se encontró, por ejemplo, que el tiempo de respuesta en promedio a una pregunta abierta del Participante 1 (P1) es de 15s., mientras que para P3 es de 28s. El robot Eva utiliza esta información para proporcionar más tiempo a los participantes que suelen hablar más.

#### **4.1.2. Arquitectura**

Los componentes y funcionalidades del robot conversacional Eva fueron expandidos con el objetivo de conseguir un comportamiento totalmente autónomo, es decir que el robot sea capaz de guiar la sesión sin intervención de un operador o de un facilitador. La Figura 13 muestra la nueva arquitectura del robot Eva. Aunque el énfasis en este diseño es dotar al robot de capacidades para actuar de forma autónoma, se decidió mantener las funcionalidades que permiten operar al robot de forma remota. A continuación, se describen a detalle los componentes agregados.

##### **4.1.2.1. Perfiles de usuario**

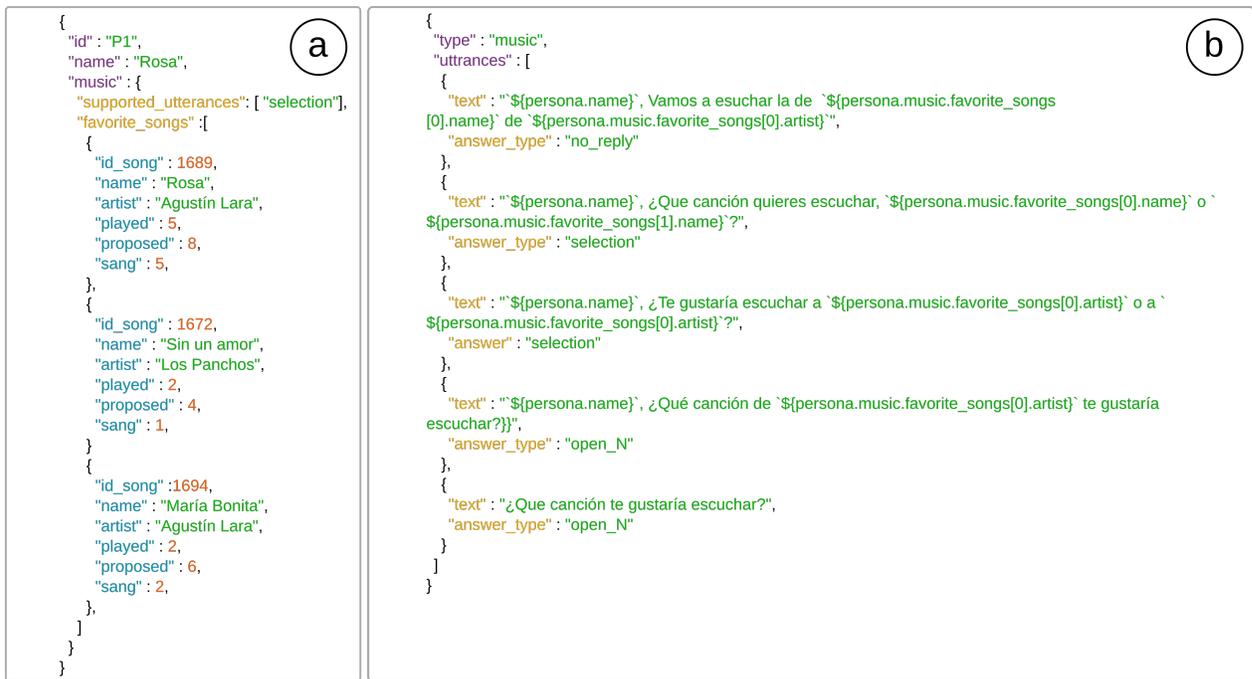
La información y conocimiento adquirido de las sesiones anteriores acerca de cada individuo es capturado y almacenado en el corpus de interacción humano-robot. La información relevante es dividida en tres secciones referente a aspectos de la sesión: información general, preferencias musicales, motivación y temas de conversación. La Figura 14a muestra una sección del perfil de un participante relacionado con sus preferencias musicales. Esto incluye todas las canciones que la persona ha escuchado en las



**Figura 13.** Arquitectura extendida para la versión autónoma del robot conversacional Eva.

sesiones previas, incluyendo cuáles de ellas ha cantado y las veces que la seleccionó cuando se presentó otra alternativa. Además, el perfil incluye el tipo de comprensión que tiene el individuo, es decir los tipos de expresiones (preguntas o comentarios) que la persona puede responder. Por ejemplo, P1 no tiene dificultad cuando se le proporciona la opción de elegir entre dos de sus canciones favoritas, y también responderá positivamente cuando el robot le proponga reproducir una de estas canciones sin preguntar. Sin embargo, se confunde cuando se le invita de forma abierta a pedir una canción, teniendo problemas para recordar el nombre de la canción o del artista que le gusta. Incluso si ella responde algo como *“toca la que quieras”* o *“cualquier canción me gusta”*, no es apropiado presionarla con una pregunta que normalmente no puede responder (Tappen *et al.*, 1997).

La Figura 14b muestra diferentes expresiones que el robot puede utilizar en el seg-



**Figura 14.** a) Segmento del perfil del Participante 1 mostrando sus preferencias musicales. b) Segmento de las expresiones relacionadas con el segmento de musicoterapia, las cuales son adaptadas a cada participante.

mento musical de la sesión, así como el tipo de respuesta que requiere el enunciado. La selección de la expresión por parte del robot está dado por el tipo comprensión que tenga el participante. Por ejemplo, para el caso de P1 su nivel de comprensión está marcado como *selection*, por lo que el robot emitirá una expresión personalizada en donde P1 pueda elegir entre sus dos canciones favoritas. Obteniendo información del perfil del participante se genera la siguiente expresión:

“**`\${persona.name}`**, ¿Qué canción quieres escuchar, **`\${persona.music.favorite\_songs[0].name}`** o **`\${persona.music.favorite\_songs[1].name}`** ? ” → “**Rosa**, ¿Qué canción quieres escuchar, **Rosa** o **Sin un amor** ? ”

Con este tipo de expresión el robot Eva espera el nombre de una de las canciones, o posiblemente algún tipo de petición para repetir la pregunta u otro tipo de respuesta válida (e.g., “*toca cualquiera de las dos*”, “*las dos me gustan*”). Si el robot Eva no puede entender la respuesta, entonces reproduce cualquiera de las dos opciones debido a que para esta interacción en particular es mejor reproducir una canción que se sabe que le gusta al participante, en lugar de repetir varias veces la pregunta. Para otras expresiones, puede resultar más apropiado que el robot repita la pregunta, tal vez con ligeros cambios de estructura.

El perfil del participante también incluye información respecto al tiempo promedio de respuesta del participante para las preguntas. Los resultados del primer estudio muestran que algunos participantes tienden a hablar más y a menudo dan respuestas muy largas o simplemente continúan hablando moviéndose de un tema a otro, mientras que otros participantes usualmente proporcionan respuestas cortas y concisas. Esta información es utilizada por el módulo *Conversation Manager* para permitir que algunos participantes puedan expresar sus respuestas o comentarios pero sin tomar el control de la sesión. Por lo que el robot Eva administra los tiempos para cada participante con base al tiempo promedio de respuesta, promoviendo un nuevo tema de conversación o actividad si es que uno de los participantes prolonga demasiado su participación.

#### **4.1.2.2. Generador del guion de la sesión**

En esta nueva versión del robot conversacional Eva, al inicio de la sesión terapéutica, el operador selecciona el nombre de los participantes y puede modificar los elementos de la sesión, por ejemplo, eliminar algún segmento de la sesión para hacerla más corta debido a falta de tiempo.

Los perfiles de los participantes son utilizados por el módulo *Script Generator* para crear un guion de la sesión, el cual definirá las actividades a realizar así como el orden y flujo de las mismas. El guion de la sesión incluye cinco tipos de actividades asociadas a cada uno de los segmentos de la sesión terapéutica tales como saludo, musicoterapia, conversación, juegos cognitivos (completar refranes), y ejercicios de relajación. La versión actual del *Script Generator* está basado en la estructura general de la sesión que fue probada con éxito en las sesiones de Mago de Oz. El guion de la sesión inicia con un saludo personalizado para cada participante. Después el robot pregunta al primer participante una canción para ser reproducida y usa la pausa musical (sin voz) para elogiar o motivar a los participantes a cantar. Una vez terminado, el robot se dirige al mismo participante con un tema de conversación de su interés para así comenzar una plática de unos minutos relacionada con el tema. Los segmentos musicales y de conversación son repetidos para cada participante. Posteriormente, el segmento de juego cognitivo es ejecutado, en donde el robot invita a los participantes a completar refranes famosos. Luego, el robot conduce un segmento de relajación

basado en ejercicios de respiración y música relajante por alrededor de 5 minutos. Por último, el robot se despide de los participantes. Las sesiones han sido diseñadas para durar aproximadamente 30 minutos.

#### 4.1.2.3. Manejo de la conversación

El guion de la sesión define las actividades por realizar. Sin embargo, es el módulo *Conversation Manager* el que controla el flujo de la sesión basado en el guion creado previamente. Asociado a cada expresión del robot durante la sesión se encuentra establecido el tipo de respuesta esperada del participante (véase Figura 14b). Se han definido cuatro tipos de posibles respuestas: *no\_reply*; *selection*; *open\_N*; y *wait\_for\_answer*.

- *no\_reply*: Se refiere a aquellas expresiones del robot que no requieren una respuesta del participante o cuya respuesta no altera el flujo de la interacción. Por ejemplo, cuando el robot expresa que reproducirá una canción predeterminada o cuando el robot emite una instrucción dentro del segmento de relajación.
- *selection*: Son utilizadas cuando el robot pregunta al participante para seleccionar entre dos opciones (e.g., canciones, comida, lugares, otros), se espera que el participante seleccione una de esas opciones. Sin embargo, se consideran otras posibles respuestas como “la que tu quieras”, “me gustan las dos” o “me da igual”. Por lo que el *Conversation Manager* está preparado para manejar este tipo de respuestas. Además, en caso de no poder procesar de forma correcta la respuesta (e.g. error en el reconocimiento de voz) o que el participante no emita conteste, el robot Eva sigue el flujo de interacción basado en la respuesta más común del participante en anteriores interacciones.
- *open\_N*: Se asocia a preguntas abiertas que pueden tener diferentes respuestas las cuales pueden modificar el flujo de la interacción. Por ejemplo, cuando el robot pregunta sobre un lugar interesante que visitar en la ciudad de origen del participante, la conversación puede tomar diferentes caminos dependiendo de la respuesta obtenida. La “N” en *open\_N* se refiere al número de posibles flujos de conversación, un tipo de respuesta *open\_2* se refiere a aquellas donde la respuesta puede mover la conversación en dos direcciones, cualquier otra respuesta

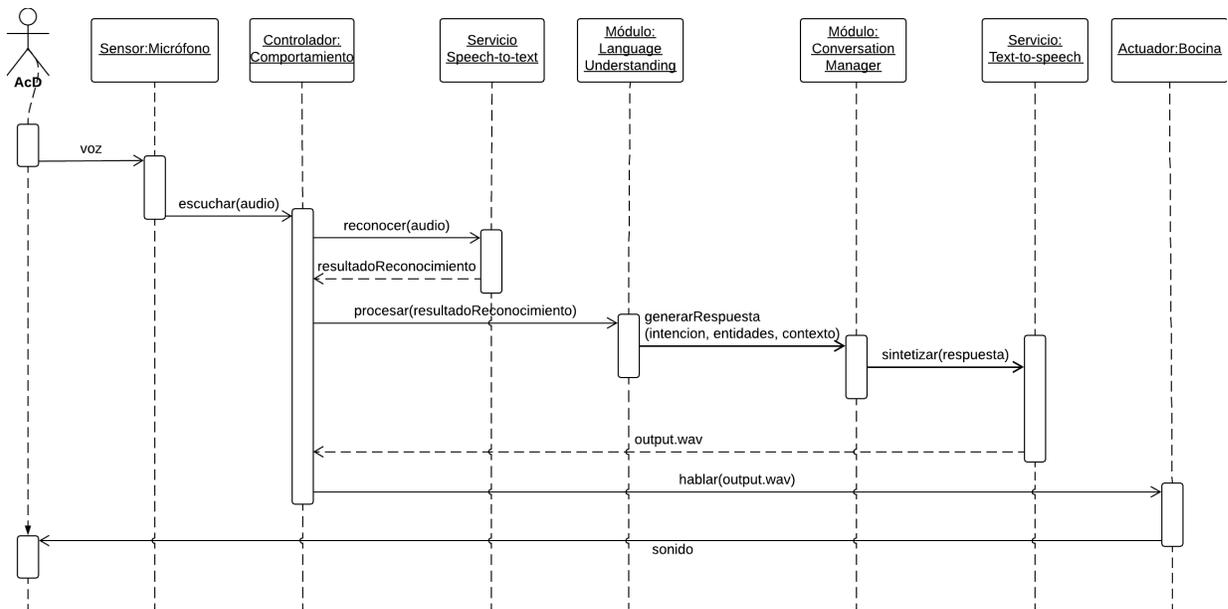
mueve la conversación a un estado donde el robot debe de aplicar una estrategia (e.g., cambiar de tema de conversación, pasar a la siguiente actividad, reproducir canción favorita) para evitar una interrupción en la interacción.

- *wait\_for\_answer*: Se asocia con expresiones del robot que son probables a desencadenar una respuesta, pero esta tiene poco peso en el flujo de conversación. En este caso, el robot espera para registrar la respuesta y continúa. Dos ejemplos de este tipo de expresiones es cuando el robot saluda a los participantes o cuando emite elogios y frases motivacionales cuando cantan. Por lo general, estas expresiones producen una respuesta por parte de los participantes, pero si el robot no las entiende la sesión puede continuar conforme a lo planeado sin mayores problemas.

El tiempo de respuesta esperado establecido en el perfil de los participantes es utilizado por el *Conversation Manager* para decidir cuándo pasar a la siguiente frase, proporcionando un poco más de tiempo a algunos participantes para expresarse aunque el robot no procese lo que el participante está expresando.

#### **4.1.2.4. Comprensión del lenguaje**

Uno de los primeros elementos incluidos dentro de la arquitectura fue la capacidad de interpretar lenguaje natural por parte del robot, lo cual es la entrada principal para activar los diferentes módulos y actuadores del robot Eva (véase Figura 15). Así, primero se agregó el servicio cognitivo Speech-To-Text (STT) proporcionado por el Google Cloud Speech API para el reconocimiento de voz. Además, una vez que se tiene la interpretación de la voz se utilizó la plataforma Dialogflow para el procesamiento de lenguaje natural (PLN) para crear un módulo *Language Understanding* que permite identificar las intenciones, entidades y contexto de las entradas por voz de los usuarios. Con estas adiciones, el robot Eva es capaz de procesar una entrada por voz y darle un significado en términos de la intención (e.g., pedir música, conversación) complementado con información de las entidades (e.g., lugares, personas, comidas, artistas) y contextos (e.g., segmento musical, conversación, relajación). Este significado es el punto de partida para que el *Conversation Manager* pueda seleccionar una acción adecuada y así el robot Eva pueda generar una respuesta (e.g., decir una expresión, reproducir una canción, comenzar un nuevo tema de conversación).



**Figura 15.** Diagrama de secuencia del procesamiento de una entrada de voz del participante para generar una respuesta durante la interacción con el robot Eva.

#### 4.1.2.5. Análisis post-sesiones

Una vez finalizada una sesión, se puede actualizar la base de datos de perfiles de usuario y enunciados para mejorar las sesiones futuras. A continuación, se presentan algunos ejemplos de maneras en las que las bases de datos pueden ser modificadas mediante el uso de la herramienta de visualización.

1. *Actualizar el perfil de un participante a partir de las opciones seleccionadas.* Por ejemplo, cuando el robot le pide a una participante una de sus comidas favoritas de su ciudad natal, puede responder con un plato que no haya mencionado antes. Por lo que se puede incluir ese plato como uno de los favoritos de la participante y añadir un enlace a algunas posibles preguntas de seguimiento como “¿Cómo se prepara el  $\{persona.food.favorite\_dish.[X].name\}$ ?” o “¿Cuál es el mejor lugar en  $\{persona.places.birthplace\}$  para comer  $\{persona.food.favorite\_dish.[X].name\}$ ?”. El *Script Generator* y *Conversation Manager* pueden usar estas expresiones al crear el guion de terapia para una nueva sesión en la que este usuario participe.
2. *Añadir una nueva respuesta posible.* Por ejemplo, hasta la sesión 7b, cuando el robot Eva preguntaba al participante P4 sobre sus dos opciones de canción favorita, este siempre seleccionaba una de ellas repitiendo el nombre de la canción. Pero

esta vez responde *“La primera que dijiste”*, una nueva respuesta no escuchada o considerada antes. Por lo que se debe actualizar el modelo de conversación para entender esta respuesta y añadir una frase de confirmación como *“¿persona.music.favorite\_songs[0].name?”*

3. *Comparar con las respuestas anteriores.* Cuando se selecciona un enunciado asociado a una pregunta, la herramienta de visualización puede mostrar cómo fue respondida esta pregunta por este participante en sesiones anteriores. Esto puede ser usado para evaluar cómo las respuestas han evolucionado y posiblemente sugerir nuevos caminos de conversación o añadir nuevas respuestas posibles.
4. *Actualizar automáticamente el perfil.* La herramienta de visualización puede reconocer que un participante ha respondido a una pregunta de manera previsible y así actualizar automáticamente el perfil.

## **4.2. Estudio de evaluación de la versión autónoma del robot Eva**

El objetivo del estudio fue mantener aquello que hacía que las sesiones realizadas por medio de Mago de Oz (del estudio de adopción) fueran efectivas y agradables, y al mismo tiempo lograr un comportamiento autónomo del robot conversacional Eva.

### **4.2.1. Diseño del estudio**

El estudio fue diseñado para evaluar el desempeño y eficacia de la nueva versión del robot Eva para conducir de forma autónoma sesiones terapéuticas con AcD. La evaluación se realizó a partir de medir la capacidad de la versión autónoma del robot para involucrar y enganchar a los AcD en sesiones interactivas, y compararla con los resultados obtenidos en la versión operada por un humano.

Al igual que para el estudio de adopción, para este estudio se tomó en cuenta la premisa de que estudios observacionales sin un grupo de control son ampliamente utilizados en experimentos en tecnologías de asistencia cognitiva (TAC) debido a su naturaleza exploratoria. Además, los retos para reclutar muestras de tamaño adecuado debido a la variabilidad de comportamiento asociados con la demencia impide la definición de grupos de control (Czarnuch *et al.*, 2013).

#### 4.2.2. Configuración y Participantes

El estudio fue realizado en la misma residencia geriátrica del estudio de adopción (presentado en el capítulo anterior). Originalmente se seleccionaron seis AcD que participaron frecuentemente, en más del 80 % de las sesiones, en el estudio de adopción. La edad de los participantes fue entre 72 y 87 años ( $\mu_e = 77.22$ ,  $\sigma_e = 6.53$ ). Mientras que los puntajes del Mini-Examen del Estado Mental (MMSE) denotaban demencia moderada ( $\mu_{MMSE} = 13.2$ ,  $\sigma_{MMSE} = 2.77$ ).

Al igual que el estudio anterior, las sesiones fueron grupales con la participación de 3 AcD por grupo, por lo que se definieron 2 grupos. Al principio de la sesión, un miembro del equipo de investigación colocaba al robot conversacional Eva enfrente de los participantes, les daba la bienvenida y presentaba al robot Eva. Después de eso, el operador utiliza la aplicación de operación para seleccionar a los AcD que participarán en la sesión. La sesión fue diseñada para durar aproximadamente 30 minutos, durante los cuales se consideraron los segmentos de saludos, musicoterapia, conversación, juego cognitivo, relajación y despedida.

#### 4.2.3. Procedimiento

Después de completar el proceso de autonomización (véase sección 4.1.1), se realizaron seis sesiones (por grupo) totalmente autónomas. En una sesión interactiva normal con 3 participantes, el guion de la sesión estaba compuesto por 10 elementos: el saludo, 3 segmentos musicales (uno por participante), 3 conversaciones sostenidas (uno por participantes), un juego basado en completar refranes, y los ejercicios de respiración para relajar antes de la despedida. Los elementos del guion pueden variar dependiendo del número de participantes.

#### 4.2.4. Recolección y análisis de datos

Todas las sesiones fueron realizadas en español y fueron videograbadas. Para evaluar la efectividad de las sesiones terapéuticas realizadas por la versión autónoma del robot Eva, se analizó el *engagement* de los participantes con el robot Eva. En el ámbito de la demencia, el *engagement* se define como el acto de mantenerse ocupado o involucrado con un estímulo externo (e.g., actividad, objeto, objeto-actividad)

(Cohen-Mansfield *et al.*, 2009). En ese sentido, la medición del *engagement* depende de la naturaleza del estímulo externo, en este caso es el robot conversacional Eva que promueve la comunicación verbal y la diversión con los participantes a través de las actividades que componen el guion de la sesión. Por lo que el *engagement* de los AcD que participan en el estudio fue medido con base en los siguientes parámetros:

- Par-1. Porcentaje de respuesta del participante: El número de veces que el participante respondió a una pregunta o comentario del robot Eva. Se clasificaron la tasa de respuesta a comentarios dirigidos exclusivamente al participante, y los comentarios abiertos dirigidos a todos los participantes.
- Par-2. Enunciados emitidos por el AcD: El número total de enunciados o expresiones emitidas por el AcD hacia el robot.
- Par-3. Expresiones de disfrute: Se cuantificaron las expresiones de disfrute durante la interacción. Esto incluye las señales de felicidad y satisfacción definidas en la Affect Rating Scale (Lawton *et al.*, 1996) tales como sonrisa, carcajada, aplaudir, asentir con la cabeza, cantar y bailar.
- Par-4. Fallas en la comunicación: Las fallas de comunicación se definen como aquellos segmentos donde la comunicación del orador (robot) ha fallado, y esto produce una solicitud de aclaración o una respuesta errónea/nula del oyente (AcD) (Brady *et al.*, 1995). También, se contabilizó si estos fallos fueron atendidos por el robot y si la comunicación fue reparada apropiadamente.

El análisis de los videos fue basado en este esquema de codificación. Para evaluar la efectividad de la versión autónoma del robot se compararon las últimas seis sesiones en donde el robot Eva actuó de forma totalmente autónoma - definida como condición AR, contra las últimas seis sesiones del estudio de adopción que fueron realizadas bajo un enfoque Mago de Oz (condición MoZ). A partir de los parámetros Par-1-4 se realizaron pruebas de hipótesis con un grado de confianza del 95% para evaluar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas condiciones. Cabe resaltar que en ambas condiciones, las interacciones fueron directas entre el robot Eva y los participantes y no hubo la participación de un facilitador durante las sesiones comparadas.

### 4.3. Resultados

Nuestros análisis se centraron en evaluar si las sesiones guiadas por la versión autónoma del robot son tan efectivas como las del estudio de adopción (Mago de Oz). Como se mencionó en la sección de análisis de datos, se llevaron a cabo prueba de hipótesis, al 95 % de intervalo de confianza, a los cuatro constructos utilizados (Par1-4). En primera instancia se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos, tanto de las 6 sesiones con la versión autónoma del robot (condición AR) como las 6 bajo el enfoque Mago de Oz (condición MoZ). Debido a que los datos obtenidos para Par-1 no seguían una distribución normal, se optó por una prueba no-paramétrica de Wilcoxon (al 95 % de confianza). Para el caso de Par-2 y Par-3, de las cuales sus datos siguen una distribución normal, se utilizó una prueba t (95 %). Con respecto a Par-4, el número de fallos sin reparar fue demasiado bajo por lo que no se realizó una prueba estadística.

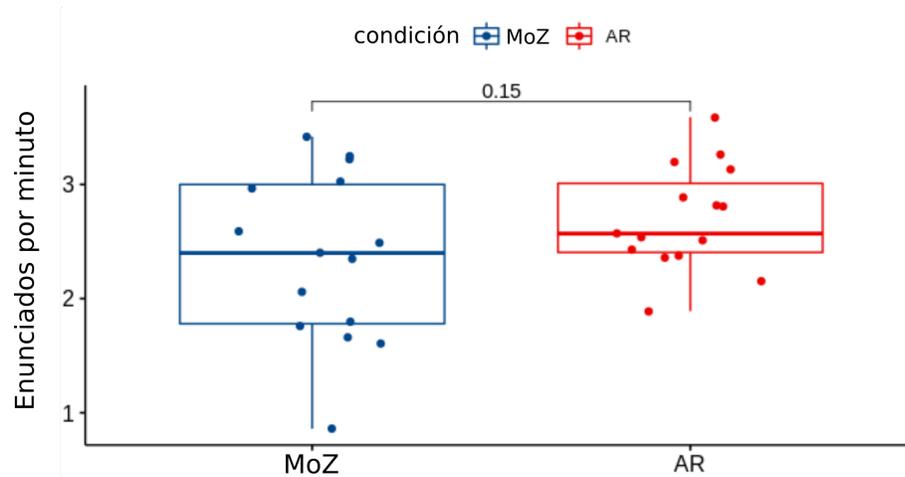
Para comparar ambas condiciones (AR vs MoZ) se midió el porcentaje de respuestas de los participantes a las preguntas realizadas por el robot, las expresiones de disfrute, el número de expresiones del robot dirigidas directamente a cada participante. El tiempo promedio de las sesiones en la condición MoZ fue de  $\mu_{MoZ} = 32.33min.$  ( $\sigma_{MoZ} = 4.5min$ ), mientras que para las sesiones de la condición AR el promedio fue de  $\mu_{AR} = 31.75min.$  ( $\sigma_{AR} = 1.05min$ ).

En la condición MoZ los participantes respondieron a preguntas directas del robot Eva el 86 % de las veces (236 de 273 preguntas directas), mientras que en la condición AR, los participantes respondieron el 96 % de las veces, 196 respuestas a 205 preguntas directas (véase Figura 16). Esto representa una diferencia estadísticamente significativa en la tasa de respuestas a preguntas directas entre la condición AR y MoZ ( $W = 46.5, p - value = 0.0049^*$ ), con tres de los participantes respondiendo a todas las preguntas que el robot les dirigía. Sólo uno de los participantes (P1), quien tuvo la puntuación más baja en el MMSE, fue el que tuvo una disminución en su tasa de respuesta.

De igual forma, se registró un incremento estadísticamente significativo ( $W = 48, p - value = 0.0078^*$ ) en la tasa de respuesta a preguntas o comentarios abiertos del robot (aquellos que no estaban dirigidos a un participante específico), de 65 % (475 respues-

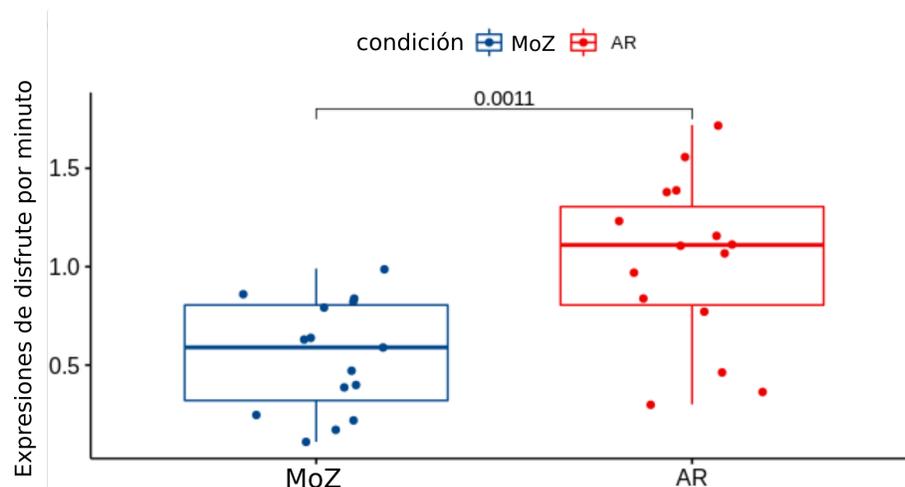


mero de expresiones entre las dos condiciones ( $t = -1.5054, df = 23.388, p\text{-value} = 0.1456$ ).



**Figura 18.** Enunciados por minuto.

En el caso del disfrute percibido durante ambas condiciones, hubo un incremento significativo ( $t = -3.6937, df = 24.409, p\text{-value} = 0.0011^*$ ) en el número de expresiones de disfrute por minuto en la condición AR ( $\mu_{dAR} = 1.03, \sigma_{dAR} = 0.43$ ) con respecto a las sesiones de la condición MoZ ( $\mu_{dMoZ} = 0.54, \sigma_{dMoZ} = 0.26$ ) (véase Figura 19). Debido a que la estructura de las sesiones es básicamente la misma, se puede atribuir este incremento a que los participantes se sienten más familiarizados y cómodos con el robot Eva. P4, por ejemplo, señala y le hace ademanes al robot mientras cantaba una de sus canciones favoritas, mientras que P3 elogió al robot por su voz y la llama frecuentemente “mija” como muestra de cariño.



**Figura 19.** Expresiones de disfrute por minuto.

Por último, se analizaron las dos condiciones para identificar los fallos en la comunicación y si estos fueron reparados de forma exitosa. Se registraron un total de 41 fallos de comunicación en la condición MoZ, en promedio un fallo cada 4.75 min., contra 37 fallos en la condición AR, un fallo cada 5.77 min. Sin embargo, la mayoría de estos fallos fueron exitosamente reparados y solo en tres ocasiones por condición no fueron resueltos durante la interacción.

Se identificaron 7 tipos de fallos de comunicación:

1. El reconocedor de voz falló en interpretar correctamente la expresión de los AcD (13 veces en la condición AR, 0 en la condición MoZ).
2. El robot Eva interrumpió a los AcD mientras hablaban (6 veces en la condición MoZ, 14 en la condición AR).
3. Los AcD no entendieron lo que expresó el robot (17 en la condición MoZ, 5 en la condición AR).
4. El robot tardó en proporcionar una respuesta por lo que los participantes interactúan entre ellos ignorando lo que dice el robot (0 veces en la condición AR, 3 veces en condición MoZ).
5. El robot no proporcionó una respuesta a un cuestionamiento de un participante (3 veces en la condición AR, 3 veces en la condición MoZ).
6. Los participantes no respondieron a comentarios o preguntas realizadas por el robot (1 vez en la condición AR, 4 veces en la condición MoZ).
7. Errores en la formulación de las frases expresadas por el robot (1 vez en la condición AR, 8 en la condición MoZ).

Muchos de estos errores fueron reparados ya sea por las estrategias utilizadas por el robot, el operador (sólo en la condición MoZ) y/o tolerancia y flexibilidad de los participantes. Dado que aún sin la participación de un operador humano el número de fallos de comunicación es similar en ambas condiciones, esto indica que no existe un deterioro en la calidad de la comunicación cuando el robot Eva actúa de forma autónoma.

A continuación, se describen dos ejemplos de cómo el robot Eva pudo recuperar la interacción después de uno de estos fallos en la condición AR.

1. En la sesión 3, el robot no fue capaz de reconocer de manera correcta la respuesta en el segmento de completar refranes debido a que dos participantes contestaron al mismo tiempo. Entonces el robot repitió el refrán, denotando que el robot Eva no entendió el primer intento, P4 se acercó al robot y subió el tono de su voz para repetir de forma clara su respuesta. El robot Eva procesó la respuesta y agradeció a los participantes por proporcionar la respuesta correcta.
2. En la sesión 2, el robot Eva se dirigió a P1 para que seleccionara entre dos canciones. P1 se mostró indecisa y cuando empezó a contestar, otro participante (P3) comenzó al mismo tiempo a cantar una de las canciones, esto generó un error al momento de procesar la respuesta de P1. El robot Eva decidió no volver a preguntar sino que anunció que tocaría una de las canciones favoritas de P1. P1 reconoció rápidamente la canción y todos comenzaron a cantar sin preocuparse por la falla del robot al momento de reconocer la selección.

Las tres instancias de fallos de comunicación que no se pudieron reparar en la condición AR incluyen: el robot Eva interrumpiendo al AcD que de todos modos siguió hablando (el participante ignoró al robot); un participante que preguntó algo al robot y no recibió respuesta (el robot ignoró al participante); y el robot que no entiende una respuesta del AcD cuando selecciona una canción para reproducir lo cual sorprende al AcD que repite que prefiere otra canción (el robot ignoró al participantes pero él no ignoró al robot).

#### **4.4. Conclusiones del estudio**

Aunque los resultados del estudio del capítulo anterior mostraron una adopción e interacción exitosa de los AcD con el robot Eva, el comportamiento del robot estuvo totalmente controlado por un operador humano debido al enfoque de Mago de Oz utilizado durante el estudio. Este estudio estuvo enfocado en dos objetivos principales. Primero conseguir que el robot Eva pudiese replicar de forma autónoma el comportamiento mostrado en el estudio anterior. Una vez desarrollada una versión totalmente

autónoma, se realizaron sesiones terapéuticas donde el robot Eva condujo de forma autónoma con seis AcD. Se compararon estas seis sesiones (condición AR) con las últimas sesiones del estudio anterior (condición MoZ) para evaluar la efectividad de la versión autónoma del robot para involucrar y entretener a los AcD.

En la condición AR hubo un incremento estadísticamente significativo en cuanto a la tasa de respuesta a preguntas del robot (abiertas y directas) y en las expresiones de disfrute durante la sesión. En cuanto al número de enunciados emitidos por minuto por los AcD permanecieron igual. A pesar de que siguieron existiendo fallos en la comunicación, en la condición AR fueron menos frecuentes, sólo tres de ellos no pudieron ser solventados por el robot. Por lo anterior, se puede concluir que las sesiones terapéuticas en la condición AR resultaron ser tan exitosas como en la condición MoZ. Los participantes se involucraron mucho en las sesiones; expresaron su alegría y respondieron a la mayoría de las preguntas y comentarios emitidos por la versión autónoma del robot Eva.

Al final del segundo estudio, se puede establecer que la información, estrategias, diseño y desarrollo utilizados a lo largo de los dos estudios han sido exitosos para conseguir una interacción entre los AcD y la versión autónoma del robot Eva. Sin embargo, hasta el momento el éxito ha sido en términos de la interacción durante la sesión terapéutica sin tener una noción clara de cómo impacta este tipo de terapia en la vida diaria de los AcD. En el siguiente capítulo de esta tesis se describe un estudio donde una terapia de estimulación cognitiva es conducida por la versión autónoma del robot Eva, y se evalúa el impacto de esta intervención en el comportamiento diario de los AcD.

## **Capítulo 5. Estudio del impacto de las sesiones con el robot conversacional en síntomas neuropsicológicos**

---

Los resultados del estudio del capítulo anterior muestran evidencia que el robot Eva en su versión autónoma puede conducir de forma exitosa una sesión de interacción con AcD. Además, estos resultados muestran que las sesiones son eficaces, ya que los participantes se involucran y disfrutan tanto como en aquellas realizadas en el estudio conducido bajo el enfoque Mago de Oz. Así, la última fase de la investigación se enfocó en la evaluación del impacto en el comportamiento diario de los AcD de una terapia conducida por la versión autónoma del robot conversacional Eva. En este capítulo se reporta una intervención basada en una terapia de estimulación cognitiva, así como los resultados del impacto que tuvo a corto y mediano plazo en el comportamiento de los participantes. Los resultados de este capítulo están alineados con el objetivo específico 4 presentado en la sección 1.6.2.

### **5.1. Terapias de estimulación cognitiva**

Las terapias de estimulación cognitiva son una de las intervenciones no farmacológicas más utilizadas para AcD. Estudios previos han reportado que las terapias de estimulación cognitiva pueden retrasar el deterioro funcional (Clare y Woods, 2003; Spector *et al.*, 2010) y mejorar la calidad vida (Spector *et al.*, 2003; Woods *et al.*, 2006; Orrell *et al.*, 2005) en AcD.

Las terapias de estimulación cognitiva son mucho más flexibles que un entrenamiento cognitivo ya que no tienen que coincidir con modalidades o estructuras terapéuticas específicas (Kim *et al.*, 2017b). Las terapias de estimulación cognitiva consisten en sesiones grupales dirigidas por un facilitador donde se realizan actividades recreativas relacionadas con interacción social, reminiscencia y ejercicios cognitivos simples (Woods *et al.*, 2006). El modelo estándar para una terapia de estimulación cognitiva es una intervención de 14 sesiones temáticas en grupo, cada una de las cuales puede llegar a durar aproximadamente 45 minutos y se realiza dos veces por semana (Spector *et al.*, 2010).

## 5.2. Diseño del estudio

Para este estudio se diseñó una intervención compuesta por un conjunto de sesiones terapéuticas grupales dirigidas por la versión autónoma del robot Eva. Con base en las características de las terapias de estimulación cognitiva, la intervención estuvo compuesta por 14 sesiones, dos por semana (Chen *et al.*, 2019). Cada sesión fue diseñada para tres participantes, con una duración aproximada de 30 minutos. Sin embargo, el tiempo de la sesión dependía del número de participantes.

El objetivo principal del estudio fue evaluar los cambios en los comportamiento diario de los AcD que participaron en la terapia de estimulación cognitiva dirigida por el robot Eva. La sesión grupal fue diseñada con base en las funciones del robot. Así, las sesiones terapéuticas incluyen elementos de musicoterapia, reminiscencia (conversación), ejercicios cognitivos (completar refranes) y relajación.

### 5.2.1. Participantes

El estudio se realizó en las instalaciones de la misma residencia geriátrica de los estudios anteriores. Se definieron tres sesiones grupales de tres participantes. Por lo tanto, un total de 9 AcD fueron reclutados. La base de los participantes serían aquellos que ya habían participado en los estudios anteriores. Sin embargo al tener que incluir nuevos participantes se utilizó el siguiente criterio de inclusión: 1) diagnosticado con demencia leve o moderada, 2) entre 70 y 90 años de edad, 3) capacidad de comunicarse verbalmente, 4) un nivel de dicción correcto, y 5) buen nivel de audición. Los participantes reclutados fueron asignados de forma aleatoria a un determinado grupo.

Para evaluar el cambio de comportamiento en los participantes se utilizaron instrumentos geriátricos empleados en el estudio de la demencia. Estos instrumentos son normalmente administrados a los cuidadores primarios quienes son conscientes de los síntomas y comportamientos del AcD basado en su interacción diaria con ellos. Se reclutaron cuidadores del grupo de trabajo de la residencia geriátrica los cuales proporcionaron información acerca del comportamiento de los participantes. Con el objetivo de obtener y comparar diferentes percepciones del comportamiento de los participantes y así generar un consenso, fueron requeridas al menos las evaluaciones de tres cuidadores por cada participante. Además, esto permitió recabar información



**Figura 20.** Sesión de la terapia de estimulación cognitiva dirigida por el robot conversacional Eva.

de cuidadores que interactúan con los participantes en diferentes momentos del día.

### 5.2.2. Configuración y procedimiento

El estudio fue realizado en una sala de estar de la residencia geriátrica donde los residentes por lo general se reúnen para ver televisión. Al inicio de cada sesión un miembro del equipo de investigación daba la bienvenida a los participantes y les presentaba al robot Eva. Las sesiones fueron diseñadas como sesiones de interacción grupales donde un máximo de 3 participantes interactúan con el robot Eva por alrededor de 30 minutos (véase Figura 20).

Durante la sesión el robot Eva asumía el rol de facilitador, por lo que guiaba la secuencia de las actividades recreativas, así como el turno de cada participante. Durante la sesión terapéutica seguía el guion de sesión basado en la información y perfil de cada participante. Así, normalmente la sesión estuvo estructurada de la siguiente forma: Primero el robot Eva daba la bienvenida a cada participante utilizando frases personalizadas. Enseguida, el robot invita a un participante a elegir una canción para reproducirla y durante las pausas musicales de la misma, el robot elogia y motiva a los participantes a cantar o aplaudir. Luego, el robot plantea un tema de interés para el participante, con lo cual se promueve el segmento de reminiscencia con base en una conversación sostenida del tema. Los componentes musicales y de reminiscencia se repiten para cada participante, adaptando el contenido para cada uno de ellos. Después, el robot lleva a cabo un ejercicio cognitivo donde los participantes completan 4 refranes populares. Finalmente, el robot guía un segmento de relajación basada en ejercicios de respiración de 3 a 5 minutos. Por último, el robot se despide de forma

personalizada de los participantes.

Para este estudio, se utilizó la versión autónoma del robot Eva, por lo que un miembro del equipo de investigación sólo seleccionó el número y a los participantes de la sesión mientras que el robot dirigió la sesión de forma autónoma. Mientras que el staff de cuidadores proporcionaron ayuda para mover a los participantes entre sesiones.

### **5.2.3. Materiales**

El objetivo del estudio fue evaluar el impacto de la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva. Por lo tanto, para la recolección de datos se emplean métodos mixtos (cuantitativo y cualitativo). Para la obtención de datos cuantitativos se utilizaron tres instrumentos geriátricos usados comúnmente para evaluar este tipo de terapias: Mini Examen del estado mental versión 37 ítems (en inglés *37 item version Mini-mental state examination, MMSE-37*, véase Anexo B) (Contador *et al.*, 2016), Inventario Neuropsiquiátrico - Versión para adultos mayores institucionalizados (en inglés *Neuropsychiatric Inventory - Nursing Home version, NPI-NH*, véase Anexo C) (Cummings, 1997) y Qualidem (Ettema *et al.*, 2007) (véase Anexo D). Adicional a estos instrumentos, se utilizaron bandas de actividad para monitorizar de forma continua la actividad de los participantes. Para obtener los datos cualitativos, se realizaron entrevistas con los cuidadores para obtener información adicional para entender de forma más profunda el impacto de la terapia de estimulación cognitiva en los participantes. La Tabla 4 muestra y describe los instrumentos utilizados en el estudio.

Adicional a los instrumentos descritos en la Tabla 4, se utilizaron bandas de actividad para monitorizar continuamente las actividades de los participantes durante el estudio. Así, se usaron dos modelos de banda de los dispositivos comerciales Fitbit: Charge 2 and Alta. Sólo las funciones y datos relacionados con nivel de actividad, pasos y sueño fueron relevantes para el estudio. Se utilizó el web-API proporcionado por Fitbit para obtener los datos y registros recolectados por las bandas de actividad. Aunque existen reservas acerca de la exactitud de estas bandas de actividad, se propone que para el estudio estos datos pueden complementar la información obtenida de los instrumentos geriátricos y las entrevistas.

**Tabla 4.** Descripción de los instrumentos utilizados para recolectar la información.

	<b>MMSE-37</b> (Contador <i>et al.</i> , 2016)	<b>NPI-NH</b> (Cummings, 1997)	<b>Qualidem</b> (Ettema <i>et al.</i> , 2007)	<b>Entrevistas con cuidadores</b>
<b>Aplicado a</b>	AcD	Cuidadores	Cuidadores	Cuidadores
<b>No. de veces aplicado</b>	2 - Previo y posterior a la intervención	2 - Previo y posterior a la intervención	2 - Previo y posterior a la intervención	2 - A la mitad y posterior a la intervención
<b>Cantidad</b>	2x8 (uno por AcD)	2x24 (3 cuidadores por cada AcD)	2x24 (3 cuidadores por cada AcD)	2x24 (3 cuidadores por cada AcD)
<b>Objetivo</b>	Proporcionar una proyección del estado cognitivo del AcD	Evaluar los síntomas de comportamiento de los AcD en residencias geriátricas	Evaluar la calidad de vida de los AcD institucionalizados	Obtener información adicional para una mejor comprensión de los cambios y sus posibles causas
<b>Aplicación</b>	Los AcD deben de responder una serie de preguntas cerradas y realizar actividades. Cada pregunta y actividad tiene un valor de 1 punto. La suma de cada respuesta es la puntuación final.	Se realiza una pregunta de exploración por síntoma. Si la respuesta es afirmativa, se hacen todas las preguntas, calificando la frecuencia (escala de 4 puntos), severidad (escala de 3 puntos) y la carga de trabajo (escala de 5 puntos).	El Qualidem fue utilizado en su versión para demencia moderada, en donde todos los dominios son tomados en cuenta. Cada elemento es evaluado en una escala likert (nunca, rara vez, a veces, frecuentemente).	Entrevista semi-estructura para recopilar información sobre el comportamiento en los días con y sin sesión con el robot y los cambios percibidos durante el estudio.
<b>Dominios</b>	13 - Orientación temporal, orientación espacial, memoria-fijación, cálculo, atención, memoria-retención, denominación, repetición, lectura/ejecución, imitación, escritura, ejecución de órdenes, y dibujo	12 - delirios, alucinaciones, agitación/agresión, depresión, ansiedad, apatía, irritabilidad, euforia/exaltación, desinhibición, conducta motriz aberrante, alteraciones del sueño, y anormalidad en alimentación	10 - relación con los cuidados, afecto positivo, afecto negativo, tenso e inquieto, imagen de si mismo, relación social, aislamiento social, sentirse en casa, mantenerse ocupado, y alimentación y sueño.	4 - Comportamiento, estado de ánimo, socialización y comentarios generales.
<b>No. de elementos</b>	37 reactivos	12 preguntas de exploración y 6-8 preguntas por síntoma	40 reactivos	17 preguntas abiertas
<b>Score</b>	Suma de la respuesta de cada reactivo	Suma del valor de cada síntoma, obtenido al multiplicar la frecuencia por la severidad.	Suma de la valoración de cada dominio	-

#### **5.2.4. Recolección y análisis de datos**

El objetivo principal del estudio fue evaluar y monitorear los cambios de comportamiento asociados a los síntomas relacionados con la demencia de aquellos que participaron en la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva. Por lo tanto, se diseñó un estudio de casos cruzados donde los participantes sirven como su propio control (van der Ploeg *et al.*, 2013). Se utilizó este tipo de diseño para comprobar la posibilidad de que los participantes se beneficiaran de la terapia de estimulación cognitiva realizada por el robot Eva, independientemente de otras actividades que se llevan a cabo en la residencia geriátrica para todos los residentes.

Como lo proponen los estudios de casos cruzados, la base del análisis fue la repetición de evaluaciones durante la intervención. Así, se pretende evaluar la efectividad de la intervención a corto plazo (horas después de que la sesión termine) y a largo plazo (comparando comportamientos y síntomas pre-intervención versus post-intervención). A continuación, se describe como fueron analizados los tres tipos de datos obtenidos (instrumentos geriátricos, datos de la banda de actividad y entrevistas con cuidadores).

##### **5.2.4.1. Instrumentos geriátricos**

Los instrumentos geriátricos (MMSE-37, NPI-NH, Qualidem) fueron administrados previo y posterior a la intervención. El NPI-NH permite obtener puntuaciones para los síntomas disruptivos de los AcD multiplicando la frecuencia por la severidad y la carga de trabajo del cuidador. Para este estudio, solo se tomó en cuenta el primer rubro, ya que el interés se centra en el efecto de la terapia en el participante. En el caso del MMSE-37 y Qualidem se tomaron en cuenta todos los dominios.

El MMSE-37 fue administrado directamente a los AcD participantes, por lo que hubo una sola puntuación a comparar antes y después de la intervención. Sin embargo, para el caso del NPI-NH y Qualidem se tuvieron tres evaluaciones diferentes por cada participante y para cada condición (previo y posterior). Por lo que, se promediaron las puntuaciones de los diferentes cuidadores que evaluaron a cada participante. Además, se calculó el valor de confiabilidad entre evaluadores (inter-rater reliability agreement) para evaluar el consenso en las puntuaciones proporcionadas por los tres cuidadores.

En ambos casos los análisis por puntuación total y por dominio (12 para NPI-NH y 9 para Qualidem) fueron realizados para comparar los resultados previos y posteriores a la terapia de estimulación cognitiva realizada por el robot Eva. Una prueba de hipótesis no-paramétrica fue elegida debido a que el tamaño de la muestra es pequeño y no se puede asumir que los datos se distribuyan de forma normal. Por lo tanto, se utilizó una prueba de Wilcoxon (95 % de intervalo de confianza) para comparar ambas condiciones. El análisis estadístico fue realizado usando la plataforma estadística R.

#### **5.2.4.2. Bandas de actividad**

Una vez obtenidos los datos recabados por las bandas de actividad, se realizó un pre-procesamiento de los datos para estandarizarlos antes de realizar el análisis. En primera instancia, se recolectaron los datos por día proporcionados por el WebAPI de Fitbit: pasos por minuto, ritmo cardiaco por minuto, minutos de sueño (día y noche). Hubo varios lapsos donde los datos no fueron recolectados debido a que la batería del dispositivo se agotó o que los participantes no llevaban puesta la banda. Por lo tanto, los datos del ritmo cardiaco se incluyeron en el análisis sólo aquellos días en donde había registros en al menos el 50% de los minutos del día. Por lo que los días tomados en cuenta para el análisis dependieron de los días eliminados para cada participante.

Una vez estandarizados los datos, se analizó el impacto a corto plazo de las sesiones terapéuticas con el robot Eva. Por lo que se comparó los datos de los días de sesión contra aquellos sin sesión. Particularmente, se analizaron la actividad física por medio de los pasos por minuto y los minutos de sueño durante el día y noche.

#### **5.2.4.3. Entrevistas**

Con el fin de obtener información adicional a los resultados cuantitativos, se realizaron entrevistas con los cuidadores previo, durante y posterior a la intervención. Así, dos codificadores llevaron a cabo un proceso de codificación inductiva (Thomas, 2006) en las transcripciones de las entrevistas para identificar los temas y categorías más importantes relacionados con el impacto de la terapia de estimulación cognitiva en los participantes. El análisis cualitativo fue realizado siguiendo los cinco pasos del proceso de codificación inductiva. Primero, se realizó una transcripción en un formato estándar.

**Tabla 5.** Información de los AcD que participaron en el estudio. (\*) P3 abandonó el estudio después de seis sesiones debido a problemas de salud por lo que no fue incluida en el análisis de los datos.

<b>Id</b>	<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>No. de sesiones</b>	<b>Días usando Fitbit</b>
P1	H	74	14	71
P2	M	76	10	39
P3*	M	86	6	22
P4	M	95	14	70
P5	M	71	14	66
P6	H	90	13	63
P7	H	88	10	71
P8	M	86	14	62
P9	M	86	11	66
<i>Prom.</i>	<i>6M/3H</i>	<i>82.44</i>	<i>11.77</i>	<i>58.88</i>

dar de todas las entrevistas. Después, cada codificador analizó cada entrevista para comprender el contexto y los eventos relacionados con la intervención. Enseguida, los codificadores etiquetaron segmentos de texto para crear temas. Cuarto, los codificadores redujeron la duplicación y redundancia entre los temas obtenidos. Por último, se agruparon los temas en categorías para crear un modelo que incorporara los más importantes.

### 5.3. Resultados

Se realizaron catorce sesiones de la terapia de estimulación conducida por el robot Eva a lo largo de 9 semanas. Aunque, el estudio fue planeado para realizarse en ocho semanas, actividades inesperadas en la residencia geriátrica retardaron una semana la intervención. Un total de nueve participantes (6 mujeres, 3 hombres), con edades entre 74 y 95 años ( $\mu_e = 82.44$ ,  $\sigma_e = 6.85$ ) participaron en el estudio (véase Tabla 5). Los participantes P1, P4, P5 y P8 habían participado en los dos estudios anteriores, mientras que los 5 restantes fueron reclutados para este estudio. También se muestra los días en que se tienen registros que los participantes utilizaron las bandas de actividad Fitbit. El análisis de los datos fue realizado con ocho participantes debido a que una de las participantes (P3) abandonó la residencia luego de 6 sesiones debido a problemas de salud. Los participantes asistieron en promedio al 89.30% de las sesiones, con cuatro (P1, P4, P5, P8) de ellos participando en todas las sesiones.

Para controlar un posible sesgo, se obtuvo información de varios cuidadores para

**Tabla 6.** Cuidadores que participaron en el estudio. La última columna muestra sobre que AcD proporcionaron información.

<b>Id</b>	<b>Género</b>	<b>Experiencia</b>	<b>Horario de Trabajo</b>	<b>Informó sobre</b>
C1	M	0.9	Mañana	P1, P2, P4, P5
C2	M	6	Tarde	P1, P2, P4, P5
C3	H	2	Mañana	P1, P2, P4, P5
C4	M	1.8	Mañana	P6, P7, P8, P9
C5	H	7	Tiempo completo	P6, P7, P8, P9
C6	M	1.5	Tarde	P6, P7, P8, P9
<i>Prom.</i>	<i>4M/2H</i>	<i>3.2</i>	-	-

cada participante. Así, seis cuidadores participaron en el estudio (4 mujeres, 2 hombres) con un promedio de 3.2 años de experiencia como cuidador en la residencia geriátrica. Cada cuidador es asignado a una zona en particular dentro del edificio y trabaja en un horario particular (Mañana, Tarde, Tiempo Completo). Por lo tanto, los cuidadores incluidos en el estudio informaron acerca de los participantes bajo su cuidado directo (i.e., aquellos que habitan en sus zonas asignadas durante sus horarios de trabajo). Tres cuidadores proporcionaron información acerca de cada participante por medio del NPI-NH, Qualidem y entrevistas (véase Tabla 6).

### 5.3.1. Resultados cuantitativos

Un total de 96 instrumentos geriátricos fueron administrados, 48 de NPI-NH y 48 de Qualidem, 24 de cada instrumento por cada evaluación (previo y posterior a la intervención). El valor de confiabilidad entre evaluadores para el primer grupo de cuidadores (C1-C3) fue de 75.69%, mientras que para el segundo grupo (C4-C6) fue de 77.77%. Ambos valores están arriba del 75% lo cual representa un nivel aceptable de confiabilidad entre evaluadores.

La Tabla 7 muestra los resultados totales y por dominio (NPI-NH y Qualidem) antes y después de la terapia de estimulación cognitiva dirigida por el robot Eva. El análisis estadístico usando la prueba Wilcoxon muestra una diferencia estadísticamente significativa tanto en los resultados totales del NPI-NH ( $p = 0.016^*$ ) como para los obtenidos para el Qualidem ( $p = 0.042^*$ ), sin embargo no exhiben un cambio en los resultados del MMSE-37. Para el caso del NPI-NH, la misma prueba estadística, tomando a todos los participantes por síntoma, muestra una reducción estadísticamente significativa en

**Tabla 7.** Resultados de los instrumentos geriátricos MMSE-37, NPI-NH y Qualidem.  
 DE = Desviación estándar.  
 \* $p < 0.05$

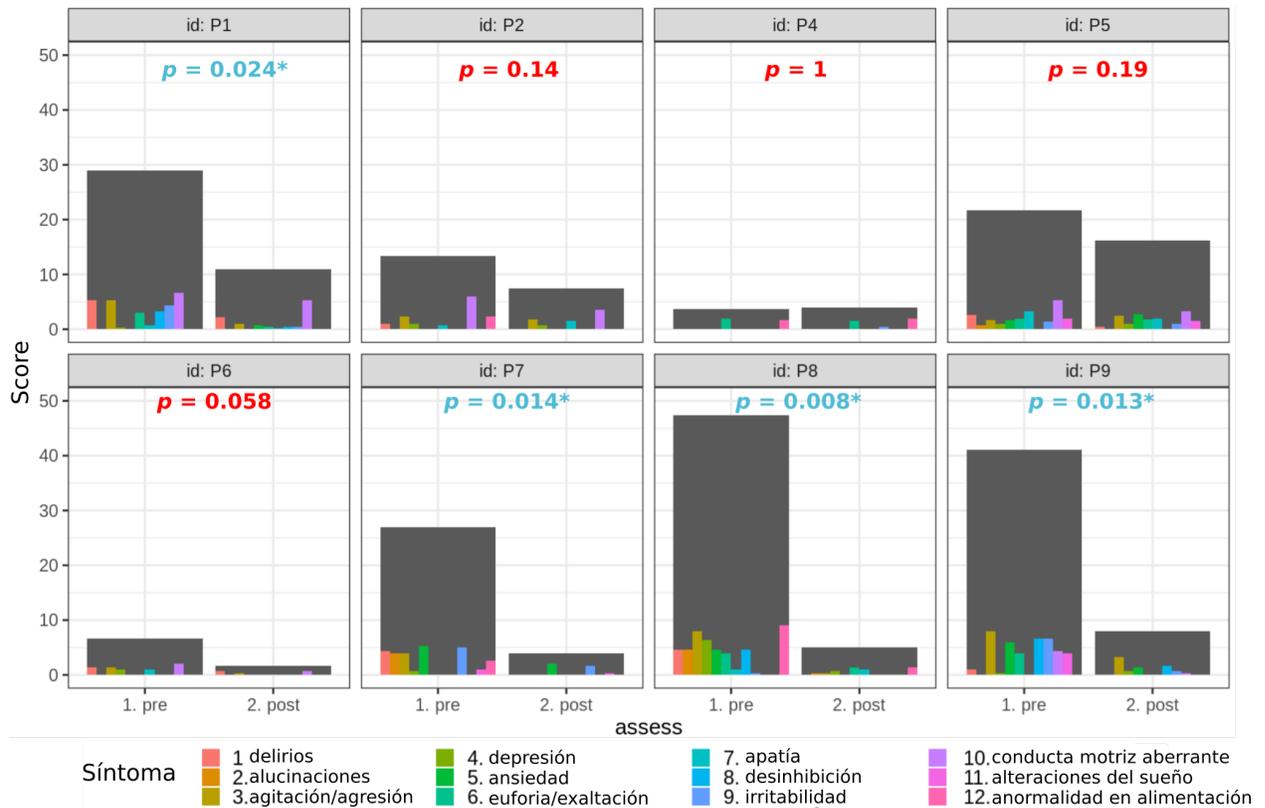
Resultado	Previo		Posterior		$p$ – valor
	$\mu_{pre}$	$\sigma_{pre}$	$\mu_{post}$	$\sigma_{post}$	
<i>MMSE-37</i>	19.63	4.68	18.87	4.54	0.25
<i>Score total NPI-NH</i>	23.95	15.28	6.45	4.03	0.016*
Delirios	2.54	2.00	0.42	0.18	0.022*
Alucinaciones	1.16	1.96	0.04	0.11	0.18
Agitación/agresión	3.83	3.00	0.93	0.90	0.035*
Depresión	1.33	2.05	0.38	0.42	0.14
Ansiedad	2.20	2.67	0.85	1.07	0.28
Apatía/indiferencia	0.83	1.09	0.59	0.80	0.36
Irritabilidad	2.20	2.07	0.54	0.58	0.14
Euforia/exaltación	2.12	1.55	0.35	0.46	0.036*
Desinhibición	1.83	2.68	0.27	0.59	0.18
Conducta motriz aberrante	2.20	2.66	1.40	1.02	0.059
Alteraciones del sueño	0.88	1.45	0.23	0.52	0.18
Anormalidad en apetito y alimentación	1.95	3.06	0.42	0.79	0.20
<i>Score total Qualidem</i>	86.06	10.22	95.12	8.41	0.042*
Relación con los cuidados	16.43	2.22	16.75	2.67	0.80
Afecto positivo	13.93	2.47	15.18	2.44	0.34
Afecto negativo	6.06	1.17	7.06	1.87	0.21
Comportamiento tenso o inquieto	4.68	2.18	5.50	2.44	0.25
Imagen de si mismo	7.00	0.92	8.31	0.79	0.035*
Relaciones sociales	13.68	2.18	14.06	2.21	1.0
Aislamiento social	7.37	1.35	7.87	0.64	0.25
Sentirse en casa	8.06	2.12	9.62	1.40	0.021*
Mantenerse ocupado	2.50	2.20	3.62	1.48	0.074
Alimentación y sueño	6.31	2.05	7.12	0.87	0.15

Delirios, Agitación/Agresión y Euforia/Exaltación ( $p < 0.05^*$ ). En el caso del Qualidem, la diferencia significativa se presenta en los ámbitos de Imagen de si mismo y Sentirse como en casa ( $p < 0.05^*$ ).

La Figura 21 muestra los resultados por sujeto del instrumento NPI-NH antes y después de la terapia de estimulación cognitiva conducida por el robot Eva. Los resultados de la prueba Wilcoxon muestran un decremento significativo en cuatro participantes P1, P7, P8 y P9 ( $p < 0.05$ ). P8 presenta el decremento más notable en su puntuación total del NPI-NH de 47.3 a un valor de 5. En el caso de P8, los cuidadores reportaron 10 de 12 síntomas en la pre-evaluación mientras que para la post-evaluación ellos solo reportaron seis. Agitación/agresión (de 8 a 0.33) y anormalidad en apetito y alimentación (de 9 a 1.33) fueron los síntomas con cambios más pronunciados. En la pre-evaluación, dos participantes, P4 y P6, obtuvieron las puntuaciones en el NPI-NH más bajas, 3.66 (3 de 12 síntomas) y 6.66 (4 de 12 síntomas) respectivamente. Por lo tanto, en ambos casos había un margen pequeño de mejora en cuanto a la frecuencia e intensidad de los comportamientos problemáticos. Además, P5 presenta la menor disminución, de 21,66 a 16,25 (10/12 a 9/12 síntomas). Incluso, los cuidadores reportan un aumento en los síntomas de agitación/agresión (+0,85) y ansiedad (+1,08) de P5.

La Figura 22 muestra los resultados del Qualidem por persona antes y después de la intervención. P1 (+9.0), P8 (+20.5) y P9 (29.5) muestran un aumento estadísticamente significativo en la puntuación de calidad de vida ( $p < 0.05$ ). Siendo los principales cambios en los dominios de relación con los cuidadores, afecto positivo, afecto negativo, aislamiento social y alimentación y sueño. En general se observa una tendencia a la alta, sin embargo, los cuidadores reportaron una disminución en la calidad de vida de dos residentes P2 (-3.0) y P7 (-3.0).

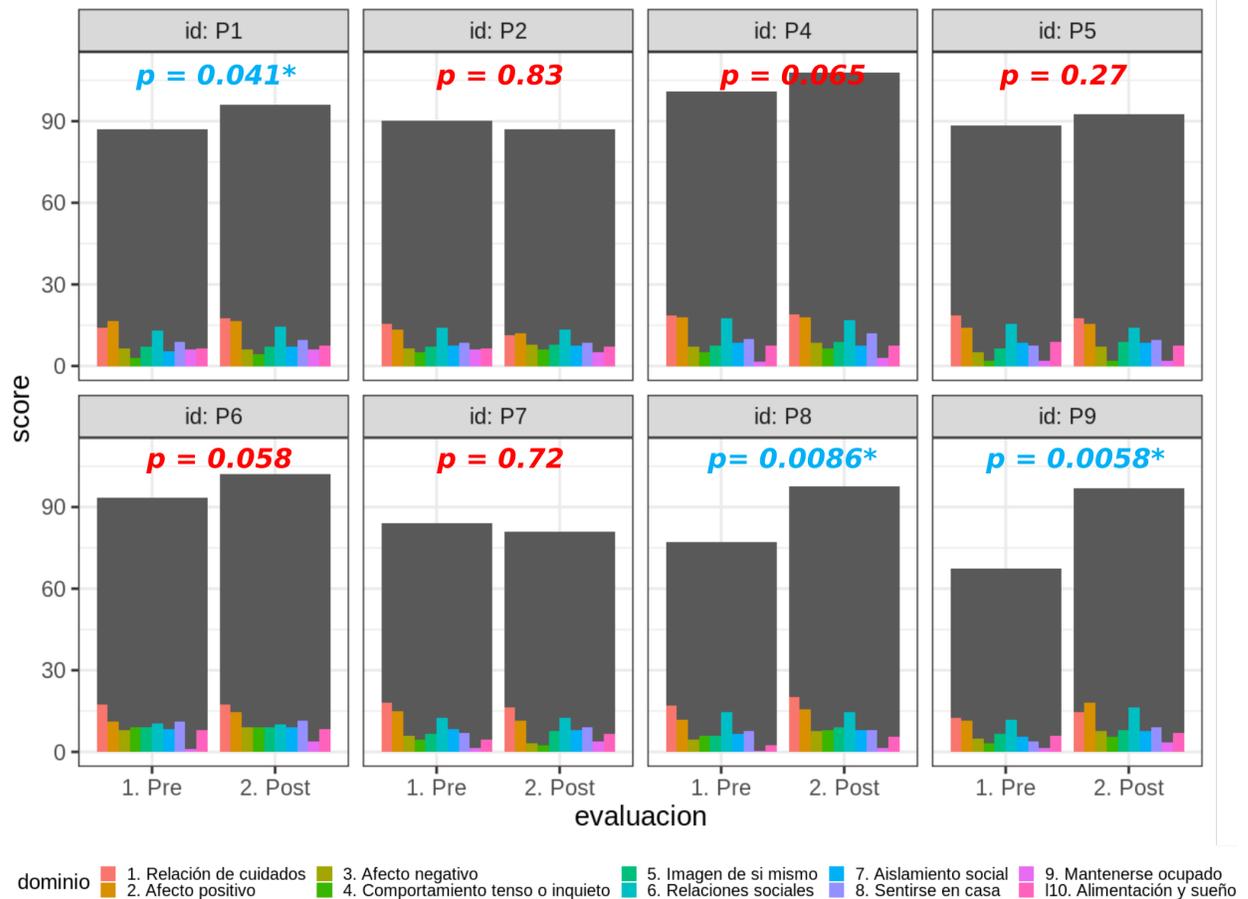
En el caso de las bandas de actividad, se analizaron la actividad física y sueño con base en los datos obtenidos mediante los dispositivos. El análisis se basó en comparar los días de sesión y no sesión en la que participaron los AcD. La Tabla 8 muestra el promedio de los pasos de cada uno de los participantes en las cuatro horas posteriores a su participación en la sesión terapéutica con el robot Eva, así como también el mismo lapso en los días que no hubo terapia. Se tomó el periodo de 1:30pm a 5:30pm para evaluar el efecto potencial de la sesión. La tabla muestra que seis de los participantes



**Figura 21.** Resultados por participante del instrumento NPI-NH previo y posterior a la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva. (\* $p < 0.05$ )

tuvieron mayor actividad física después de las sesiones terapéuticas con el robot Eva, mientras que en dos casos (P6 y P7) hubo una disminución. No existe una diferencia considerable en la actividad entre los participantes, siendo P1 quien tiene una notable actividad durante el día y seis pacientes teniendo en promedio menos de 10 pasos por hora.

La Tabla 9 muestra algunos de los parámetros de sueño registrados para 5 AcD que participaron en al menos 10 días de sesión utilizando el dispositivo. Se muestra que 4 de ellos (P1, P4, P7, P8) durmieron más en la noches de sesión. Mientras que 3 de ellos (P1, P6, P8) durmieron menos durante el día cuando se realizaban las sesiones. Por ejemplo, P1 tuvo un promedio de 519 minutos de sueño nocturno y 91 minutos de sueño diurno en los 42 días registrados en los que no hubo sesiones con el robot. Y su sueño nocturno aumento a 566 min. y el diurno disminuyó a 65 min. en los días de sesión. Ambos resultados son estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ). El sueño diurno se registró como aquellos períodos en los que el participante durmió por la tarde, fuera de sus periodos normales de sueño. Se consideró solo el sueño diurno



**Figura 22.** Resultados por participante del instrumento Qualidem previo y posterior a la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva. ( \* $p < 0.05$ )

para comparar los de sesión y sin sesión con el robot Eva, ya que las sesiones tuvieron lugar entre las 11am y 1pm.

Durante las entrevistas posteriores a la intervención, una de las cuidadoras nos dijo que notó que P6 y P8 dormían menos durante la tarde en los días de sesión, corroborando los resultados obtenidos de sus bandas de actividad.

### 5.3.2. Resultados cualitativos

Un total de 48 entrevistas fueron analizadas utilizando el método de codificación inductivo, la mitad de ellas realizadas a la mitad del estudio y la otra mitad al final. Los pasos dos y tres del proceso de codificación inductivo fueron realizados por dos codificadores. Como resultados se obtuvieron 23 temas emergentes. Después de eliminar los temas redundantes, se obtuvieron 20 diferentes temas, de los cuales los

**Tabla 8.** Promedio de número de pasos entre 1:30 y 5:30 pm en días donde se llevo (o no) a cabo la sesión.

<b>Id</b>	<b>Sesión</b>	$\sigma_{sesion}$	<b>No Sesión</b>	$\sigma_{no\_sesion}$
<b>P1</b>	853.47	687.08	680.78	644.85
<b>P2</b>	72.2	60.45	63.73	82.62
<b>P4</b>	22.38	31.99	15.26	33.73
<b>P5</b>	112.75	107.55	102.67	160.13
<b>P6</b>	7.14	10.06	17.59	35.15
<b>P7</b>	19.64	37.40	18.09	37.56
<b>P8</b>	14.33	15.95	36.23	58.43
<b>P9</b>	27.71	51.92	21.78	44.72

**Tabla 9.** Datos de sueño durante la noche y el día de 5 participantes quienes participaron en al menos 10 sesiones terapéuticas. Entre paréntesis de cada dato aparecen los días.

<b>Id</b>	<b>Noche</b>		<b>Día</b>	
	<b>Sesión</b>	<b>No sesión</b>	<b>Sesión</b>	<b>No sesión</b>
<b>P1</b>	566 (12)	519 (42)	65 (4)	91 (11)
<b>P4</b>	403 (13)	283 (41)	102 (1)	92 (4)
<b>P6</b>	536 (9)	543 (41)	0 (0)	83(8)
<b>P7</b>	488 (11)	394 (47)	0 (0)	0 (0)
<b>P8</b>	519 (11)	482 (36)	62 (1)	119 (9)

codificadores coincidieron en 16 (80%). Estos temas fueron agrupados en cuatro categorías principales: Comportamiento y estado de ánimo, actividades de la vida diaria, socialización e impacto prevalente (véase Tabla 10).

**Comportamiento y estado de ánimo.** Cada persona experimenta la demencia de distinta manera. Por ejemplo, P1 frecuentemente experimenta períodos de agresividad y P9 experimenta un alto nivel de desinhibición e irritabilidad. Independientemente de estos síntomas, los cuidadores reportan un impacto positivo significativo en el estado de ánimo de los participantes. Después de las sesiones guiadas por el robot, los cuidadores reportan un estado de ánimo agradable de los participantes:

*C5: "Algo que llama mi atención es que ella [P8] esta muy contenta después de la sesión, ella se mantiene con ese estado de ánimo que al parecer el robot le transmite."*

*C2: "Pues cuando ella [P5] regresa [de la sesión con el robot], ella esta muy feliz. Yo lo noto eso en la expresión de su cara."*

**Tabla 10.** Temas y categorías obtenidos del análisis cualitativo.

<b>Categorías</b>	<b>Temas</b>
Comportamiento y estado de ánimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora en la cooperación</li> <li>- Impacto en estado de ánimo positivo</li> <li>- Impacto en aislamiento</li> <li>- Expresiones faciales positivas</li> <li>- Expresiones corporales positivas</li> </ul>
Actividades de la vida diaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora en alimentación</li> <li>- Cambio en nivel de actividad</li> <li>- Menos siestas</li> <li>- Participación en actividades de la residencia</li> </ul>
Socialización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Platicador</li> <li>- Cantando y riendo</li> <li>- Influencia en otros residentes</li> </ul>
Impacto prevalente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menos comportamientos problemáticos</li> <li>- Recuerdos de las sesiones</li> <li>- Impacto en la carga de trabajo del cuidador</li> <li>- Impacto sostenido en el comportamiento</li> </ul>

Además, los cuidadores asocian el cambio de estado de ánimo con el cambio de comportamiento en algunos participantes durante los días de sesión.

*C3: “Regularmente, él [P1] se aísla en su cuarto, pero cuando el robot viene, él [P1] sale [de su cuarto] y se entretiene por un rato y cuando las sesiones terminan, en lugar de regresar a su cuarto, él [P1] se viene al jardín e interactúa con los demás.”*

*C4: “Ella [P9] a veces es una persona seria y enojada ... Ahora yo percibo que es más cariñosa de lo normal. Ella [P9] regresa cantando y nos dice ‘mis amores’, y es muy amigable con otros residentes. Eso me sorprende.”*

**Actividades de la vida diaria.** Los cuidadores interactúan con los participantes todos los días. Ellos asisten a los residentes en actividades diarias relacionadas con alimentación, higiene personal, descanso y otras actividades dentro de la residencia, por lo que son muy conscientes de su independencia y disposición para llevar a cabo estas actividades. Los cuidadores reportaron un cambio en el desempeño de estas actividades de la vida diaria para algunos participantes.

*C3: “ Un reto con P1 es la higiene personal. Cuando nosotros [cuidadores]*

*mencionamos eso, él [P1] se pone agresivo, nos insulta y a veces trata de pegarte. Sin embargo, cuando el robot viene, recuerdo que él come mejor, y cuando le decimos de lavarse los dientes, él lo toma bastante bien. A P1 no le gusta recibir ordenes, pero en esos días [de sesión], cuando le pedimos algo, él responde 'ah ok', y lo hace "*

*C6: "[...] su alimentación [de P8] depende de su estado de ánimo, y el hecho de que regrese de buen humor de la sesión, yo pienso que hace que ella [P8] coma mejor. He notado que ella comer mejor sin necesidad de estarle insistiendo."*

*C6: "He notado que en los días que hay sesión, [P8] no ha pedido que la llevemos a dormir por las tardes. Ella [P8] está más activa."*

**Socialización.** Las sesiones terapéuticas guiadas por el robot tienen como objetivo estimular socialmente a los participantes. El robot Eva promueve la interacción social utilizando los elementos musicales y de reminiscencia. Durante las sesiones, todos los participantes interactúan activamente con el robot. Pero además, el análisis reporta que los participantes socializan con los cuidadores y otros residentes más allá del tiempo de la sesión, y esta socialización estuvo basada en actividades realizadas durante la sesión con el robot.

*C6: "En general a ella [P8] le gusta cantar, hacer bromas y pasársela bien. Pero cuando ella [P8] esta con el robot, regresa con una energía muy positiva, con esa atmósfera como de fiesta [...] y ella [P8] transmite eso a los residentes que no participaron en la sesión. "*

*C1: "En la mañana usualmente [P5] esta muy seria y con sueño. Antes, ella [P5] usualmente pasaba mucho tiempo dormida, pero después de la sesión ella esta más platicadora y contenta. [P5] Platica con nosotros [cuidadores] o con los demás de la residencia."*

*C2: "[...] Cuando P4 y P5 están platicando... Yo sé que días tuvieron sesión porque ellas están cantando en la tarde. Ellas [P4 & P5] se quedan con ese tipo de cosas [cantar & platicar]."*

**Impacto prevalente.** Los cuidadores coincidieron en reportar efectos a corto-plazo para todos los participantes en términos de las categorías anteriores (comportamiento y estado de ánimo, actividades diarias y socialización). Así, el análisis cualitativo muestra que las sesiones con el robot Eva son atractivas y divertidas para los participantes y tienen un impacto positivo en ellos a corto-plazo. Para algunos participantes como P5 y P7, este impacto solo se mantiene durante el mismo día o horas después de la sesión.

*C2: “Hay una diferencia en ella [P5] los días de la sesión, pero yo no he notado grandes cambios en su comportamiento diario.”*

*C5: “P5 sigue siendo la misma en general, pero en los días de la sesión se puede ver un cambio. Porque en general en ese lapso está durmiendo, pero cuando el robot llega aquí, estaba muy activa.”*

Sin embargo, los cuidadores reportan un impacto a largo-plazo en participantes quienes mantienen su estado de ánimo positivo días después de la sesión, lo que proporciona evidencia de un cambio de comportamiento.

*C6: “A ella [P8] le gusta cantar y frecuentemente esta cantando en la casa, pero en los días de sesión ella [P8] canta todo el día incluso en los días siguientes. Pienso que [la terapia de estimulación cognitiva] ha tenido un buen efecto en ella.”*

*C3: “Él [P1] no ha estado tan agresivo. Ha tenido lapsos, pero ahorita él [P1] no es tan agresivo como antes. Yo si he percibido un cambio en él. Ahora, esos episodios [agresividad] son más fáciles de manejar.”*

La Tabla 11 muestra los efectos a corto y largo plazo reportados por los cuidadores. Estos efectos están en términos de comportamiento y estado de ánimo, actividades de la vida diaria y socialización. Durante el análisis para considerarlo como un efecto a corto o largo plazo en un determinado participante, al menos 2 de los 3 cuidadores debieron de haber reportado el efecto. Estos resultados muestran que 6 de 8 participantes exhibieron al menos un efecto a largo plazo en términos de comportamiento y estado de ánimo, actividades de la vida diaria y socialización.

**Tabla 11.** Efectos a corto y largo plazo derivados del análisis cualitativo.

Id	Comportamiento y estado de ánimo		Actividades de la vida diaria		Socialización	
	corto	largo	corto	largo	corto	largo
P1	•	•	•	•	•	
P2	•				•	
P4	•	•			•	•
P5	•		•		•	
P6	•	•	•		•	
P7			•		•	•
P8	•	•	•	•	•	•
P9	•	•			•	•
Total	7	5	5	2	8	4

#### 5.4. Discusión y Limitaciones

Los resultados cualitativos muestran un efecto a corto plazo en 7 de 8 participantes en términos de cambios positivos en comportamiento y estado de ánimo. Los cuidadores coinciden en que este cambio de humor impacta directamente en el comportamiento de los participantes. Cinco participantes (P1, P4, P6, P8 y P9) exhiben un impacto sostenido en su comportamiento y estado de ánimo. Estos resultados muestran evidencia de porqué los resultados cuantitativos de los instrumentos geriátricos reportan un decremento significativo en síntomas como Agitación/agresión y Euforia/e-xaltación en el NPI-NH y en ámbitos como Imagen de si mismo y Sentirse en casa del Qualidem.

Tres participantes (P1, P8, P9) exhibieron el mayor impacto positivo durante la terapia de estimulación cognitiva conducida por el robot Eva, así lo demuestran tanto el análisis por sujetos de los instrumentos cuantitativos (NPI-NH y Qualidem) como los resultados cualitativos (análisis de entrevistas). Adicionalmente, los datos recolectados mediante las bandas de actividad corroboran información de ambos estudios. Por ejemplo, en el caso de P1, los cuidadores reportaron que los días de sesión P1 se aisló menos en su cuarto, además de que se muestra muy cooperativo queriendo ayudar en tareas de la residencia (barrer, acomodar mesas, pasar platos). Esto se ve reflejado en su aumento en el número de pasos durante los días de sesión con un promedio de 853.47 pasos, comparado con un promedio de 680.78 pasos en un día sin sesión (véase Tabla 8). Lo anterior puede ser un causal en el decremento en su agresividad

reportado tanto en las entrevistas con los cuidadores (véase sección 5.3.2 ) como en los resultados del síntoma de Agitación/Agresión del NPI-NH, donde se redujo de 5.33 a 1.00 en la evaluación posterior a la intervención (véase Figura 21). Otro de los casos es P8 donde los cuidadores reportaron que en los días de sesión no tomaba sus siestas habituales por la tarde debido a que estaba más activa socialmente (cantando o platicando) (véase sección 5.3.2). Esto fue corroborado por los datos de sueño durante el día obtenidos mediante las bandas de actividad, en donde los resultados muestran que P8 durmió 62 minutos en un día de sesión, mientras que para los días sin sesión en promedio durmió 119 minutos (véase Tabla 9). Aunque la estimación realizada por las bandas de actividad no es del todo precisa, los datos obtenidos han servido para corroborar parte de la información proporcionada por los cuidadores.

El guion de sesión utilizado por el robot Eva para interactuar con los participantes fue desarrollado utilizando la información de los participantes como temas de conversación (e.g., lugar de origen, trabajo, comida, aficiones), música favorita y tiempos de respuesta. El robot utiliza esta interacción personalizada durante las sesiones de la terapia de estimulación cognitiva. La mayoría de los participantes se involucran y divierten durante la sesión. Sin embargo, un par de participantes percibieron e hicieron comentarios acerca de que algunas sesiones eran monótonas y repetitivas. Por ejemplo, P7 expresó a un cuidador que le gustaba la parte musical y de relajación, pero que la parte de conversación siempre era parecida. En el caso de P2, en primera instancia mostraba entusiasmo de participar, pero hacia el final de la intervención dejó de participar argumentando que tenía cosas más importantes que hacer. Estos dos participantes, P2 y P7, obtuvieron las más altas puntuaciones del MMSE-37, ambos con un promedio de 22.5 en pre y post-evaluación. Lo anterior pone de manifiesto que la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva parece más apropiada para los participantes que exhibían síntomas más avanzados de demencia.

Una terapia de estimulación cognitiva tiene como objetivo impactar en la calidad de vida de aquellos que viven con demencia (Woods *et al.*, 2006). Las sesiones combinan actividades recreativas y de interacción social para involucrar, distraer y divertir a los AcD. Los resultados cualitativos muestran que todos los participantes muestran efectos a corto plazo después de las sesiones con el robot Eva. Un caso interesante es P5 quien exhibe un impacto considerable a corto plazo en las tres categorías (compor-

tamiento y estado de ánimo, actividades de la vida diaria, socialización). Sin embargo, ambos resultados cuantitativo y cualitativo, no muestran un efecto sostenido más allá del día de la sesión. Los resultados obtenidos muestran que una terapia de estimulación cognitiva guiada por un robot social puede ser utilizada de forma periódica para promover la calidad de vida en los AcD, la cual podría tener un impacto positivo en los síntomas relacionados con la demencia y la carga de trabajo del cuidador.

Durante el periodo del estudio los participantes llevaron a cabo su rutina habitual, siendo la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva la única actividad diferente. Sin embargo, es posible que algunos factores (e.g., visita o no de un familiar, enfermedad) pudieron incidir para modificar el comportamiento de los participantes en periodos específicos del estudio. Es por eso que las entrevistas estuvieron enfocadas explícitamente en los efectos percibidos después de las sesiones con el robot Eva. Además, la administración previa y posterior de los instrumentos geriátricos se hace para tener una percepción global (durante las últimas 5 semanas) del comportamiento del participante. Si bien es cierto que diferentes factores pudo influir en esta percepción, nuestro estudio fue diseñado y realizado siguiendo los protocolos para evaluar diversos tipos de terapias de estimulación cognitiva en el ámbito de la demencia (Chen *et al.*, 2019). Además, el hecho de que la terapia de estimulación cognitiva guiada por el robot Eva fue una actividad constante (dos veces por semana) a lo largo de 9 semanas, sugiere que los resultados del cambio de comportamiento pueden ser atribuidos en gran medida a esta intervención.

## **5.5. Conclusiones del estudio**

El objetivo principal del estudio fue evaluar si un robot social puede tener éxito en conducir completamente una terapia de estimulación cognitiva y si esta terapia puede tener un impacto positivo en el comportamiento de los AcD. Para ello, se realizó una intervención en la que el robot Eva actuó como facilitador guiando a grupos de AcD en una terapia de estimulación cognitiva. Siguiendo un diseño de estudio cruzado, se obtuvo información para comparar problemas de comportamiento y calidad de vida antes y después de la intervención de nueve semanas llevada a cabo en una residencia geriátrica. La recolección de datos se hizo utilizando instrumentos cuantitativos (MMSE-37, NPI-NH, Qualidem, bandas de actividad) y cualitativos (entrevistas

a los cuidadores). Ocho participantes con demencia leve o moderada participaron en el estudio, mientras que seis cuidadores actuaron como informantes para reportar sobre los efectos de la intervención en los síntomas conductuales y psicológicos de la demencia. El robot social actuó como facilitador sin intervención humana.

Los resultados muestran una mejora significativa en la manifestación de conductas problemáticas basada en la puntuación total del NPI-NH obtenida antes y después de la terapia de estimulación cognitiva. En particular, tres síntomas relacionados con la demencia mostraron una mejora estadísticamente significativa: Delirios, Agitación/Agresión y Euforia/Exaltación. En el caso del Qualidem para evaluar la calidad de vida, con las puntuaciones totales se muestra un incremento estadísticamente significativo, siendo los dos de los dominios (Sentirse en casa, Imagen en si mismo) los que muestran también un incremento significativo. Adicionalmente, se realizó un análisis cualitativo para comprender mejor los resultados cuantitativos, utilizando los datos de las entrevistas con los cuidadores realizadas a la mitad y después de la intervención. Los resultados muestran que todos los participantes exhiben efectos a corto plazo horas después de asistir a las sesiones. Sin embargo, sólo para cinco participantes estos cambios prevalecen para los días siguientes.

Si bien no todos los participantes experimentaron una reducción significativa de la frecuencia y la gravedad de los comportamientos problemáticos, disfrutaron de las sesiones y entablaron conversaciones con el robot.

## Capítulo 6. Conclusiones

---

Este capítulo presenta las conclusiones del trabajo de investigación. Además, se discuten las limitaciones del trabajo. Por último, se presentan las principales contribuciones generadas a partir de la investigación y se sugieren líneas de exploración para trabajo futuro.

### 6.1. Conclusiones

En esta tesis se describe el proceso de diseño, implementación y evaluación de un robot de asistencia social (RAS), llamado Eva, utilizado para apoyar intervenciones no-farmacológicas (INFs) para el adulto mayor con demencia (AcD). El robot Eva basa su interacción en una comunicación verbal con el AcD con el objetivo de ofrecer una interfaz simple y natural para interactuar socialmente con este tipo de población. Se plantea el uso del robot conversacional Eva en sesiones interactivas donde el robot conduzca diversas actividades recreativas (e.g., conversación, musicoterapia, relajación, juegos) con la finalidad de estimular cognitivamente y socialmente al AcD. Se propone este tipo de sesiones como una forma innovadora de apoyar la realización de INFs que puedan tener un impacto positivo en el comportamiento diario, particularmente en los comportamientos problemáticos, y la calidad de vida del AcD.

El trabajo de investigación fue guiado por un marco metodológico que a través de etapas iterativas se enfocó en la adopción, autonomización y el impacto del robot conversacional, siendo las dos primeras enfocadas al diseño e implementación, y la tercera a la evaluación del impacto del uso del robot en el comportamiento diario del AcD. Las etapas de adopción y autonomización finalizaron con estudios de evaluación formativa (reportados en los capítulos 3 y 4 de esta tesis) con la finalidad de medir diversos aspectos la interacción AcD-robot para involucrar y enganchar al AcD. Mientras que la última etapa se enfocó en la evaluación sumativa (capítulo 5) dónde la valoración fue más allá de la interacción para analizar el impacto del robot en el comportamiento diario del AcD. Cabe resaltar que fue de particular interés para el trabajo de investigación realizar estas evaluaciones en entornos y con usuarios finales reales, debido a las características de las personas que padecen la enfermedad.

La incertidumbre acerca de la aceptación de un robot en el entorno del AcD y el di-

seño de características y estrategias de interacción para promover la adopción con un robot, fueron los principales puntos a abordar en la primera etapa de la investigación. Así, en una primera iteración de diseño basada en estudios contextuales utilizando entrevistas con expertos en el cuidado del AcD (cuidadores, expertos en cognición, terapeutas y geriatras) y observaciones de los AcD en su entorno, se establecieron las bases para el diseño de un primer prototipo de un robot conversacional, llamado Eva. En una segunda iteración de diseño, mediante grupos focales con cuidadores y basado en las características del prototipo se estableció un escenario de aplicación real (basado en conversación y música) para promover una interacción entre los AcD y el robot Eva, y así hacer las mejoras necesarias en el prototipo. Debido a la naturaleza formativa de esta etapa, en términos de interacción y adopción, el prototipo de robot fue desarrollado para ser controlado en su totalidad por un operador humano (Mago de Oz).

Mediante el uso de estrategias para mejorar la comunicación verbal en el ámbito de la demencia, se realizó un estudio para evaluar la interacción y adopción del robot Eva por parte de los AcD. Los resultados del estudio proporcionan evidencia de que el uso de estrategias de alto nivel es efectivo para incrementar la comunicación entre los AcD y el robot conversacional Eva. Estas estrategias ayudaron a aumentar la comunicación directa en términos del número de expresiones emitidas por los AcD hacia el robot. Además, los AcD se involucraron en una mayor cantidad de conversaciones sostenidas cuando se incorporaron las estrategias de alto nivel durante la intervención con el robot Eva. Lo anterior es evidencia de la aceptación y adopción exitosa del robot Eva bajo un enfoque Mago de Oz. Los AcD que participaron en el estudio se involucraron y disfrutaron la interacción con el robot (Cruz-Sandoval y Favela, 2019a).

Los resultados obtenidos en el primer estudio muestran la factibilidad de una interacción sostenida entre el AcD y el robot conversacional Eva (véase Capítulo 3). Sin embargo, el estudio fue desarrollado bajo un enfoque Mago de Oz, donde un operador humano controlaba de forma total las funciones y comportamientos del robot basado en las demandas de los AcD. Por lo que, los esfuerzos en la segunda etapa de la metodología se enfocaron en autonomizar el comportamiento del robot Eva para que tuviera la capacidad de conducir las sesiones interactivas con el AcD con mínima o nula participación de un operador humano. Así, con base en un análisis de las interacciones

sostenidas obtenidas en el primer estudio, se definieron los requerimientos y características de los nuevos componentes para la arquitectura de una versión autónoma del robot Eva. Se desarrollaron componentes como perfiles de usuario, generador de guión de la sesión interactiva, gestor de la conversación y comprensión del lenguaje, los cuales fueron incorporados al robot Eva para dotarlo de la capacidad de interpretar las demandas verbales (respuestas, comentarios y peticiones) del AcD para definir el flujo de la conversación e interacción durante una sesión terapéutica. El desarrollo de la versión autónoma del robot se realizó de forma gradual a lo largo de 20 sesiones con 6 AcD, donde paulatinamente se fueron autonomizando los segmentos que componen (conversación, musicoterapia, juegos) el guión utilizado para llevar a cabo una sesión terapéutica.

Una vez desarrollada la versión autónoma del robot Eva, se diseñó un estudio para evaluar la eficacia del mismo en la conducción de sesiones terapéuticas. El estudio se realizó en la misma residencia geriátrica del estudio de adopción y con 5 AcDs que participaron en ambas condiciones. La evaluación se basó en una comparación de 6 sesiones conducidas por la versión autónoma del robot (condición AR) contra el mismo número de sesiones bajo el enfoque Mago de Oz (condición MoZ). La comparación se realizó con base en la participación, enganche y disfrute percibido en los participantes en ambas condiciones. En la condición AR hubo un incremento estadísticamente significativo en cuanto a la tasa de respuesta a preguntas del robot (abiertas y directas) y en las expresiones de disfrute durante la sesión. El número de expresiones verbales emitidas por minuto por los AcD permaneció igual. Aunque siguieron existiendo fallos en la comunicación -en la condición AR fueron menos frecuentes, sólo tres de ellos no pudieron ser solventados por el robot. Lo anterior muestra que las sesiones de la condición AR fueron tan efectivas como las de la condición MoZ. Durante la condición AR, los participantes se mantuvieron enganchados en las sesiones, ya que respondieron a los estímulos del robot Eva ya sea expresando su alegría mediante cantos, aplausos, sonrisas o respondiendo a la mayoría de las preguntas y comentarios emitidos por la versión autónoma del robot Eva (Cruz-Sandoval y Favela, 2019b).

Los resultados del segundo estudio muestran la eficacia del robot Eva para conducir de forma autónoma una sesión terapéutica, además los AcD participantes disfrutaron la sesión y se involucraron de manera activa en ella. Lo anterior fue la base para abor-

dar la última fase la investigación, debido a que es necesario enganchar al AcD con el estímulo externo, en nuestro caso el robot conversacional Eva, para poder evaluar los efectos e impacto que puede tener en la vida diaria del AcD (Cohen-Mansfield *et al.*, 2009). Por lo tanto, la última etapa de la investigación se centró en una evaluación sumativa del impacto de una INF conducida por el robot Eva. Para ello, se diseñó una INF basada en una terapia de estimulación cognitiva compuesta por 14 sesiones grupales (2 por semana de 3 participantes por sesión) con un total de 8 AcD. Mediante un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) se comparó una línea base (pre-intervención) contra la evaluación post-intervención, y así obtener los efectos a corto y largo plazo de la terapia de estimulación conducida por el robot Eva.

Los resultados del último estudio no muestran un cambio en el estado cognitivo de los 8 participantes, de acuerdo a las valoraciones mediante el MMSE-37. Sin embargo, en relación a cambios en síntomas de la demencia, hay una disminución estadísticamente significativa con base en los puntajes totales pre y post-intervención del instrumento NPI-NH. En particular, tres síntomas mostraron una mejora estadísticamente significativa: Delirios, Agitación/Agresión y Euforia/Exaltación. En el caso del Qualidem para evaluar la calidad de vida, la comparación de las puntuaciones totales muestra un incremento estadísticamente significativo, siendo dos de los dominios (Sentirse en casa, Imagen en si mismo) los que muestran un cambio significativo. Los resultados cualitativos muestran que todos los participantes exhiben un impacto a corto plazo (durante las horas después de la sesión). Sin embargo, solo para 5 de ellos estos cambios se mantienen para los días siguientes (Cruz-Sandoval *et al.*, 2020).

Los resultados de los tres estudios reportados en esta tesis muestran la factibilidad de establecer una interacción basada en comunicación verbal entre el AcD y un robot conversacional. Cada persona experimenta la demencia de forma diferente, y aunado a la personalidad y gustos de cada AcD, hace del uso de la personalización un punto primordial para promover la participación y enganche del AcD en interacciones con un robot con estas características. La personalización toma en cuenta las preferencias de cada AcD, además de adaptar la interacción en términos de las capacidades y deficiencias de los participantes para establecer una comunicación verbal.

En comparación con la literatura, revisada en este trabajo, con respecto al uso de RAS para el cuidado de AcD, los resultados obtenidos coinciden en el impacto positivo

en el estado de ánimo de los participantes. De igual forma, las mejoras significativas con respecto a los síntomas conductuales relacionados con la demencia coinciden con lo reportado en trabajos previos. Sin embargo, la principal diferencia radica en las características del robot y el tipo de interacción llevada a cabo con el robot conversacional Eva. Mientras que en otros trabajos la interacción se encuentra basada en interacciones táctiles y visuales, con interacción reactiva del robot, en este trabajo se utilizó una interacción basada en voz con un comportamiento proactivo del robot lo que motiva a los AcD a participar e involucrarse en la interacción. Otra de las aportaciones importantes de este trabajo, es que este tipo de interacción se lleve a cabo de forma autónoma, ya que en la literatura revisada en donde se hace uso de robots conversacionales, estos son operados por un humano bajo el enfoque Mago de Oz. Por lo tanto, este trabajo aporta evidencia para el uso de este tipo de robots conversacionales para llevar a cabo iniciativas no farmacológicas con adultos mayores con demencia.

Los resultados de esta tesis muestran evidencia de que una vez que los AcDs se enganchan y disfrutan de una interacción con el robot conversacional, este puede ser utilizado para conducir de manera eficaz una terapia de estimulación cognitiva. Los resultados muestran el potencial que tiene una INF de este tipo en el manejo de comportamientos problemáticos y calidad de vida en los AcD. Siendo uno de los resultados más importantes el como una sesión interactiva con el robot conversacional ayuda para promover un cambio positivo en el estado de ánimo de los AcD, lo que conlleva a una mejora significativa en materia de cooperación y socialización, así como para reducir y mejorar el manejo de comportamientos problemáticos durante las horas posteriores a una sesión.

## **6.2. Limitaciones**

Aunque el trabajo de investigación cumplió con los objetivos propuestos, a continuación se describen las limitantes en materia tecnológica y metodológica.

Desde el punto de vista técnico, el trabajo de investigación se enfocó en el desarrollo de modelos autónomos para que el robot conversacional pudiera mantener una interacción sostenida con AcDs, por lo que aspectos como la síntesis y reconocimiento de voz fueron solventados mediante el uso de servicios en la nube de terceros (IBM

Watson y Google). Lo anterior supuso una limitante, ya que al hacer uso de una conexión a internet hizo difícil su portabilidad sin una configuración previa en el lugar de la interacción. Además, aunque estos servicios ofrecen soluciones robustas, el hecho de no poder acceder al código fuente y configuraciones avanzadas, los hizo susceptible a fallas debido a la naturaleza grupal de la interacción (e.g., incapacidad de interpretar al momento que dos o más personas hablan a la vez) y aunque se diseñaron estrategias para solventar estos fallos, esto es una limitante tecnológica para la reproducción del estudio.

Los modelos autónomos para conducir la interacción personalizada están supeditados a la información previamente obtenida y analizada de cada participante. Así, el robot puede conocer los gustos (e.g., preferencias musicales) y profundizar en ciertos temas de interés, así como las capacidades de cada AcD para responder ante ciertos comentarios y respuestas. Esto es una limitante para poder establecer conversación sobre temas generales o que se encuentren fuera de la base de conocimiento del robot conversacional. Aunque se desarrollaron estrategias IHR para reducir el efecto, esto fue una limitante para que el robot pudiera establecer interacciones más complejas. Algunos de los participantes evaluados con menor grado de demencia, expresaron lo anterior durante algunas de las sesiones. Además, esto también representa una limitación respecto a la inclusión de nuevos participantes, ya que el robot no tiene la capacidad de generar modelos autónomos de forma dinámica con la información que va obteniendo en cada una de las interacciones.

El punto anterior también derivó en una limitación en materia metodológica, ya que la necesidad de recopilar información para crear un perfil de usuario para cada AcD, hizo que en los tres estudios participaran los residentes de una misma residencia geriátrica. Lo anterior puede suponer un sesgo para la validación interna debido a que la mayoría de los AcD (4 de 8) habían participado en varias sesiones antes de comenzar el tercer estudio. Como medida para lidiar con este posible sesgo, se incluyeron nuevos participantes, de quienes se recabó información de los cuidadores para crear su perfil de usuario. Cabe resaltar que debido a las condiciones y síntomas propios de la demencia, los AcD pueden llegar a tener una noción general de los estímulos externos, pero olvidar particularidades de las intervenciones, por lo que los retos para involucrarlos en la dinámica de las actividades es mayor (Cohen-Mansfield *et al.*, 2009). Esto fue

algo que se observó con varios de los participantes, que a pesar de haber estado en un número considerable de sesiones, algunos con más de 20, expresaban haber participado en pocas sesiones con el robot. Adicionalmente, con la finalidad evitar un sesgo, además de un análisis global para todos participantes, se realizaron y reportaron resultados basados en análisis por casos (sujetos) con el objetivo de que los participantes fueran sus propios controles y así evaluar un efecto derivado ya sea por la alteración de la variable independiente (cambio de estrategias de comunicación en el estudio de adopción, condición AR vs condición MoZ para el segundo estudio) o la inclusión de un tratamiento (evaluación pre y post-intervención para el tercer estudio).

Como se mencionó, una de las mayores limitantes de este trabajo fue el tamaño de la muestra dada por el número de AcDs que participaron en el estudio, lo que impacta directamente en la validación externa de la investigación. Aunque los resultados muestran evidencia de la factibilidad de que un robot conversacional autónomo pueda conducir una terapia de estimulación cognitiva y que esta pueda tener un impacto positivo en el comportamiento del AcD, esto aún no puede ser generalizado para todos los AcD. Sin embargo, como se ha argumentado a lo largo de la tesis, en el estudio de tecnologías de asistencia cognitiva puede ser utilizado un número pequeño de usuarios representativos de la población, debido a retos con el reclutamiento de tamaño adecuado y la variabilidad asociada a la demencia (Czarnuch *et al.*, 2013).

Dado que el objetivo del trabajo es proporcionar evidencia sobre el potencial e impacto de utilizar un robot conversacional en apoyo a INFs para AcDs, los resultados de este trabajo marcan un buen antecedente para próximas investigaciones en las cuales se aborde el diseño e implementación de RAS como apoyo en los cuidados del adulto mayor con demencia.

### **6.3. Aportaciones**

A continuación, se enlistan las principales aportaciones derivadas de este trabajo de investigación:

- Evidencia acerca de la factibilidad de establecer una comunicación verbal efectiva entre el AcD y un robot conversacional.

- Evidencia de la eficacia de un robot conversacional autónomo para promover la participación y enganche del AcD en una sesión interactiva activa.
- Evidencia acerca del impacto positivo que puede tener una terapia de estimulación cognitiva por un robot conversacional, particularmente en el estado de ánimo, socialización y comportamiento diario del AcD.
- Un prototipo de robot autónomo basado en comunicación verbal para apoyo a terapias de estimulación cognitiva para adultos mayores con demencia.
- Corpus de conversaciones entre AcD y robot.

A continuación, se enlistan las tres principales publicaciones derivadas de este trabajo de investigación, las dos primeras en revistas arbitradas y la tercera en la principal conferencia de interacción humano-robot.

1. **Cruz-Sandoval, D.** y Favela, J. (2019). Incorporating Conversational Strategies in a Social Robot to Interact with People with Dementia. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*,47(3): 140–148.
2. **Cruz-Sandoval, D.** y Favela, J. (2019). A Conversational Robot to Conduct Therapeutic Interventions for Dementia. *IEEE Pervasive Computing*,18(2): 10–19.
3. **Cruz-Sandoval, D.**, Morales-Tellez, A., Sandoval, E. B., y Favela, J. (2020). A social robot as therapy facilitator in interventions to deal with dementia-related behavioral symptoms. En: *Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, HRI'20,p. 161–169.

En total, derivado del trabajo de investigación se publicaron los siguientes trabajos:

- 3 artículos en revistas arbitradas.
- 5 artículos completos de conferencia.
- 4 artículos cortos de conferencia.
- 4 trabajos en progreso y póster de conferencia.

#### 6.4. Trabajo futuro

Con base en las limitaciones, además de lo observado y los datos colectados en las sesiones interactivas entre los AcDs y el robot conversacional Eva, se proponen las siguientes ideas para explorar en un trabajo futuro.

Debido a la limitación antes mencionada en el tamaño de la muestra, y tomando en cuenta que en este punto la tecnología desarrollada en esta tesis es madura, el trabajo futuro a mediano plazo es realizar un estudio que involucre un mayor número de participantes para evaluar el impacto en el comportamiento del AcD de una INF conducida por el robot Eva. Esto requiere de la recolección de información previo a la intervención para la creación de modelos de interacción para que el robot Eva pueda conducir de manera autónoma interacciones personalizadas con los nuevos participantes.

La forma principal de interacción del robot Eva fue la comunicación verbal. Aunque este tipo de comunicación mostró ser efectiva para que los AcDs se enganchen y disfruten las interacciones con el robot Eva, se observó que durante las sesiones no necesariamente había un enganche visual con el robot. Existe evidencia de la efectividad del uso de otros elementos (e.g., lenguaje corporal, síntesis de emociones, y otros elementos como sonidos) para enriquecer la interacción y promover una participación más activa en otras poblaciones (Breazeal *et al.*, 2008). Por lo que, uno de los trabajos futuros es el diseño e implementación de estrategias utilizando elementos diversos para proporcionar una interacción multisensorial que pueda mejorar y enriquecer la interacción AcD-robot. Debido a las características de los AcD y diferencias que existen con otro tipo de poblaciones, se deben de definir que elementos y combinaciones son adecuados para diseñar estrategias multisensoriales que el AcD detecte y sean efectivas para engancharlo en la interacción con el robot.

El nivel de adaptación del robot Eva reside principalmente en la modificación del flujo de interacción y conversación que puede tomar basado en el procesamiento de las entradas de voz del participante. Sin embargo, es de particular interés para el grupo de investigación el estudiar estrategias de adaptación con base en la inferencia del estado del participante (e.g., inactivo, distraído, aburrido, estados de ánimo) durante la interacción. Así, un trabajo futuro a corto plazo es definir los atributos de voz (e.g., el tono, la velocidad, el volumen) y de visión (e.g., dirección de la mirada, el gestos

corporales, la proximidad) que puedan caracterizar el estado de los participantes y desplegar estrategias de adaptación (e.g., modificar el contenido de la interacción, cambiar tono de voz, gestos corporales) en el robot Eva para (re)enganchar a los participantes con la interacción.

Por último, se pretende trabajar en la generación de modelos autónomos de interacción para que el robot sea capaz de abordar un espectro más amplio de conversaciones. Para lo cual será necesario utilizar herramientas de aprendizaje automático que permitan al robot re-entrenar y actualizar dichos modelos en tiempo real con base en la información recolectada en cada interacción con los AcD. Esto tendrá como resultado que el robot pueda profundizar en temas generales y los de particular interés para el AcD.

## Literatura citada

- Alzheimer's Association (2016). Tips for successful communication at all stages of Alzheimer's disease. Reporte técnico.
- Alzheimer's Association (2019). 2019 Alzheimer's disease facts and figures. *Alzheimer's & Dementia*, **15**(3): 321–387.
- Backman, C. L., Harris, S. R., Chisholm, J. A., y Monette, A. D. (1997). Single-subject research in rehabilitation: a review of studies using AB, withdrawal, multiple baseline, and alternating treatments designs. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, **78**(10): 1145–53.
- Banks, M. R., Willoughby, L. M., y Banks, W. a. (2008). Animal-Assisted Therapy and Loneliness in Nursing Homes: Use of Robotic versus Living Dogs. *Journal of the American Medical Directors Association*, **9**: 173–177.
- Begum, M., Serna, R. W., Kontak, D., Allspaw, J., Kuczynski, J., Yanco, H. A., y Suarez, J. (2015). Measuring the Efficacy of Robots in Autism Therapy. En: *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction - HRI '15*, mar, New York, New York, USA. ACM Press, pp. 335–342.
- Blake, M. y Mitchell, G. (2016). Horticultural therapy in dementia care: a literature review. *Nursing Standard*, **30**(21): 41–47.
- Brady, N. C., McLean, J. E., McLean, L. K., y Johnston, S. (1995). Initiation and Repair of Intentional Communication Acts by Adults With Severe to Profound Cognitive Disabilities. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, **38**(6): 1334.
- Breazeal, C., Takanishi, A., y Kobayashi, T. (2008). Social Robots that Interact with People. En: *Springer Handbook of Robotics*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 1349–1369.
- Broekens, J., Heerink, M., y Rosendal, H. (2009). Assistive social robots in elderly care: a review. *Gerontechnology*, **8**(2): 94–103.
- Burns, K., Jayasinha, R., Tsang, R., y Brodaty, H. (2012). Behaviour Management - A Guide to Good Practice. Reporte técnico.
- Cerejeira, J., Lagarto, L., y Mukaetova-Ladinska, E. B. (2012). Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia. *Frontiers in Neurology*, **3**: 73.
- Chen, J., Duan, Y., Li, H., Lu, L., Liu, J., y Tang, C. (2019). Different durations of cognitive stimulation therapy for Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Interventions in Aging*, **Volume 14**: 1243–1254.
- Chung, H., Iorga, M., Voas, J., y Lee, S. (2017). "Alexa, Can I Trust You?". *Computer*, **50**(9): 100–104.
- Clare, L. y Woods, B. (2003). Cognitive rehabilitation and cognitive training for early-stage Alzheimer's disease and vascular dementia. En: L. Clare (ed.), *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
- Cohen-Mansfield, J. (2013). Nonpharmacologic Treatment of Behavioral Disorders in Dementia. *Current Treatment Options in Neurology*, **15**(6): 765–785.

- Cohen-Mansfield, J., Dakheel-Ali, M., y Marx, M. S. (2009). Engagement in Persons With Dementia: The Concept and Its Measurement. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, **17**(4): 299–307.
- Cohen-Mansfield, J., Marx, M. S., Dakheel-Ali, M., Regier, N. G., Thein, K., y Freedman, L. (2010). Can agitated behavior of nursing home residents with dementia be prevented with the use of standardized stimuli? *Journal of the American Geriatrics Society*, **58**(8): 1459–1464.
- Contador, I., Bermejo-Pareja, F., Fernández-Calvo, B., Boycheva, E., Tapias, E., Llamas, S., y Benito-León, J. (2016). The 37 item Version of the Mini-Mental State Examination: Normative Data in a Population-Based Cohort of Older Spanish Adults (NEDICES). *Archives of Clinical Neuropsychology*, **31**(3): 263–272.
- Cruz-Sandoval, D. y Favela, J. (2016). Human-Robot Interaction to Deal with Problematic Behaviors from People with Dementia. En: *Proceedings of the 10th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. ACM.
- Cruz-Sandoval, D. y Favela, J. (2017a). Semi-autonomous Conversational Robot to Deal with Problematic Behaviors from People with Dementia. En: *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 10586 LNCS. pp. 677–688.
- Cruz-Sandoval, D. y Favela, J. (2017b). Co-designing ambient-assisted interventions using digital interlocutors for people with dementia. En: *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers on - UbiComp '17*, New York, New York, USA. ACM Press, pp. 813–821.
- Cruz-Sandoval, D. y Favela, J. (2019a). Incorporating Conversational Strategies in a Social Robot to Interact with People with Dementia. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, **47**(3): 140–148.
- Cruz-Sandoval, D. y Favela, J. (2019b). A Conversational Robot to Conduct Therapeutic Interventions for Dementia. *IEEE Pervasive Computing*, **18**(2): 10–19.
- Cruz-Sandoval, D., Morales-Tellez, A., Sandoval, E. B., y Favela, J. (2020). A social robot as therapy facilitator in interventions to deal with dementia-related behavioral symptoms. En: *Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, HRI '20, p. 161–169.
- Cummings, J. L. (1997). The Neuropsychiatric Inventory: Assessing psychopathology in dementia patients. *Neurology*, **48**(5 SUPPL. 6).
- Czarnuch, S., Cohen, S., Parameswaran, V., y Mihailidis, A. (2013). A real-world deployment of the COACH prompting system. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, **5**(5): 463–478.
- De Graaf, M., Ben Allouch, S., y Van Dijk, J. (2017). Why Do They Refuse to Use My Robot?: Reasons for Non-Use Derived from a Long-Term Home Study. *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, **Part F127194**: 224–233.

- Ettema, T. P., Dröes, R.-M., de Lange, J., Mellenbergh, G. J., y Ribbe, M. W. (2007). QUALIDEM: development and evaluation of a dementia specific quality of life instrument—validation. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, **22**(5): 424–430.
- Fasola, J. y Mataric, M. J. (2012). Using Socially Assistive Human–Robot Interaction to Motivate Physical Exercise for Older Adults. *Proceedings of the IEEE*, **100**(8): 2512–2526.
- Fasoli, S. E., Ladenheim, B., Mast, J., y Krebs, H. I. (2012). New horizons for robot-assisted therapy in pediatrics. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, **91**(11 SUPPL.3): 280–289.
- Favela, J., Kaye, J., Skubic, M., Rantz, M., y Tentori, M. (2015). Living Labs for Pervasive Healthcare Research. *IEEE Pervasive Computing*, **14**: 86–89.
- Feil, N. y de. Klerk-Rubin, V. (2012). *The validation breakthrough : simple techniques for communicating with people with Alzheimer's and other dementias*. Health Professions Press. p. 294.
- Feil-Seifer, D. y Mataric, M. (2011). Socially Assistive Robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, **18**(1): 24–31.
- Fitzpatrick, K. K., Darcy, A., y Vierhile, M. (2017). Delivering Cognitive Behavior Therapy to Young Adults With Symptoms of Depression and Anxiety Using a Fully Automated Conversational Agent (Woebot): A Randomized Controlled Trial. *JMIR Mental Health*, **4**(2): e19.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., y McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”. *Journal of Psychiatric Research*, **12**(3): 189–198.
- Friard, O. y Gamba, M. (2016). BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in Ecology and Evolution*, **7**(11): 1325–1330.
- Gockley, R. y Matarić, M. J. (2006). Encouraging physical therapy compliance with a hands-Off mobile robot. En: *Proceeding of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction - HRI '06*, New York, New York, USA. ACM Press, p. 150.
- Gold, K. (2014). But does it do any good? Measuring the impact of music therapy on people with advanced dementia: (Innovative practice). *Dementia*, **13**(2): 258–264.
- Góngora Alonso, S., Hamrioui, S., De La Torre Díez, I., Motta Cruz, E., López-Coronado, M., y Franco, M. (2019). Social Robots for People with Aging and Dementia: A Systematic Review of Literature. *Telemedicine and e-Health*, **25**(7): 533–540.
- Goodrich, M. a. y Schultz, A. C. (2007). Human-Robot Interaction: A Survey. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, **1**(3): 203–275.
- Ichbiah, D. (2005). *Robots : from science fiction to technological revolution*. Harry N. Abrams. p. 539.
- Jain, S., Thiagarajan, B., Shi, Z., Clabaugh, C., y Matarić, M. J. (2020). Modeling Engagement in Long-Term, In-Home Socially Assistive Robot Interventions for Children with Autism Spectrum Disorders. (i): 1–10.

- Jeong, S., Breazeal, C., Logan, D., y Weinstock, P. (2017). Huggable: Impact of embodiment on promoting verbal and physical engagement for young pediatric inpatients. En: *2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, aug. IEEE, Vol. 2017-Janua, pp. 121–126.
- Kachouie, R., Sedighadeli, S., Khosla, R., y Chu, M.-T. (2014). Socially Assistive Robots in Elderly Care: A Mixed-Method Systematic Literature Review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, **30**(5): 369–393.
- Kim, G., Lim, S. Y., Kim, H. J., Lee, B. J., Seo, S. C., Cho, K. H., y Lee, W. H. (2017a). Is robot-assisted therapy effective in upper extremity recovery in early stage stroke? —a systematic literature review. *Journal of Physical Therapy Science*, **29**(6): 1108–1112.
- Kim, K., Han, J. W., So, Y., Seo, J., Kim, Y. J., Park, J. H., Lee, S. B., Lee, J. J., Jeong, H.-G., Kim, T. H., y Kim, K. W. (2017b). Cognitive Stimulation as a Therapeutic Modality for Dementia: A Meta-Analysis. *Psychiatry Investigation*, **14**(5): 626.
- Kindell, J., Keady, J., Sage, K., y Wilkinson, R. (2017). Everyday conversation in dementia: a review of the literature to inform research and practice. *International Journal of Language & Communication Disorders*, **52**(4): 392–406.
- Krebs, H. I., Palazzolo, J. J., Dipietro, L., Ferraro, M., Krol, J., Ranekleiv, K., Volpe, B. T., y Hogan, N. (2003). Rehabilitation robotics: Performance-based progressive robot-assisted therapy. *Autonomous Robots*, **15**(1): 7–20.
- Kwakkel, G., Kollen, B. J., y Krebs, H. I. (2008). Effects of Robot-Assisted Therapy on Upper Limb Recovery After Stroke: A Systematic Review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, **22**(2): 111–121.
- Lawton, M. P., Van Haitsma, K., y Klapper, J. (1996). Observed affect in nursing home residents with Alzheimer's disease. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, **51**(1): P3–P14.
- Lazar, A., Thompson, H. J., y Demiris, G. (2018). Design Recommendations for Recreational Systems Involving Older Adults Living With Dementia. *Journal of Applied Gerontology*, **37**(5): 595–619.
- Liang, A., Piroth, I., Robinson, H., MacDonald, B., Fisher, M., Nater, U. M., Skoluda, N., y Broadbent, E. (2017). A Pilot Randomized Trial of a Companion Robot for People With Dementia Living in the Community. *Journal of the American Medical Directors Association*, **18**(10): 871–878.
- Livingston, G., Sommerlad, A., Orgeta, V., Costafreda, S. G., Huntley, J., Ames, D., Ballard, C., Banerjee, S., Burns, A., Cohen-Mansfield, J., Cooper, C., Fox, N., Gitlin, L. N., Howard, R., Kales, H. C., Larson, E. B., Ritchie, K., Rockwood, K., Sampson, E. L., Samus, Q., Schneider, L. S., Selbæk, G., Teri, L., y Mukadam, N. (2017). Dementia prevention, intervention, and care. *The Lancet*, **390**(10113): 2673–2734.
- Majić, T., Gutzmann, H., Heinz, A., Lang, U. E., y Rapp, M. A. (2013). Animal-assisted therapy and agitation and depression in nursing home residents with dementia: A matched casecontrol trial. *American Journal of Geriatric Psychiatry*, **21**(11): 1052–1059.

- McColl, D., Louie, W.-Y. G., y Nejat, G. (2013). Brian 2.1: A socially assistive robot for the elderly and cognitively impaired. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, **20**(1): 74–83.
- Mitchell, G. y O'Donnell, H. (2013). The therapeutic use of doll therapy in dementia. *British Journal of Nursing*, **22**(6): 329–334.
- Mitchell, G., McCormack, B., y McCance, T. (2016). Therapeutic use of dolls for people living with dementia: A critical review of the literature. *Dementia (London, England)*, **15**(5): 976–1001.
- Moniz-Cook, E. (2006). Cognitive stimulation and dementia. *Aging & Mental Health*, **10**(3): 207–210.
- Mordoch, E., Osterreicher, A., Guse, L., Roger, K., y Thompson, G. (2013). Use of social commitment robots in the care of elderly people with dementia: A literature review. *Maturitas*, **74**(1): 14–20.
- O'Connor, C., Smith, R., Nott, M., Lorang, C., y Mathews, R. (2011). Using Video Simulated Presence to reduce resistance to care and increase participation of adults with dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, **26**(4): 317–325.
- Olazarán, J., Reisberg, B., Clare, L., Cruz, I., Peña-Casanova, J., Del Ser, T., Woods, B., Beck, C., Auer, S., Lai, C., Spector, A., Fazio, S., Bond, J., Kivipelto, M., Brodaty, H., Rojo, J. M., Collins, H., Teri, L., Mittelman, M., Orrell, M., Feldman, H. H., y Muñiz, R. (2010). Nonpharmacological therapies in alzheimer's disease: A systematic review of efficacy. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, **30**(2): 161–178.
- Oliveira, A. M. D., Radanovic, M., Mello, P. C. H. D., Buchain, P. C., Vizzotto, A. D. B., Celestino, D. L., Stella, F., Piersol, C. V., y Forlenza, O. V. (2015). Nonpharmacological Interventions to Reduce Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia: A Systematic Review. *BioMed Research International*, **2015**: 1–9.
- O'Neil, M. E., Freeman, M., Christensen, V., Telerant, R., Addleman, A., y Kansagara, D. (2011). A Systematic Evidence Review of Non-pharmacological Interventions for Behavioral Symptoms of Dementia. Reporte técnico, Evidence-based Synthesis Program (ESP) Center, Portland, USA.
- Orrell, M., Spector, A., Thorgrimsen, L., y Woods, B. (2005). A pilot study examining the effectiveness of maintenance Cognitive Stimulation Therapy (MCST) for people with dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, **20**(5): 446–451.
- Orsulic-Jeras, S., Judge, K. S., y Camp, C. J. (2000). Montessori-based activities for long-term care residents with advanced dementia: effects on engagement and affect. *The Gerontologist*, **40**(1): 107–111.
- Parra, M. O., Favela, J., Castro, L. A., y Morales, A. (2018). Monitoring Eating Behaviors for a Nutritionist E-Assistant Using Crowdsourcing. *Computer*, **51**(3): 43–51.
- Petersen, S., Houston, S., Qin, H., Tague, C., y Studley, J. (2016). The Utilization of Robotic Pets in Dementia Care. *Journal of Alzheimer's Disease*, **55**(2): 569–574.
- Pope, C. y Davis, B. H. (2011). Finding a balance: The Carolinas Conversation Collection. *Corpus Linguistics and Linguistic Theory*, **7**(1): 143–161.

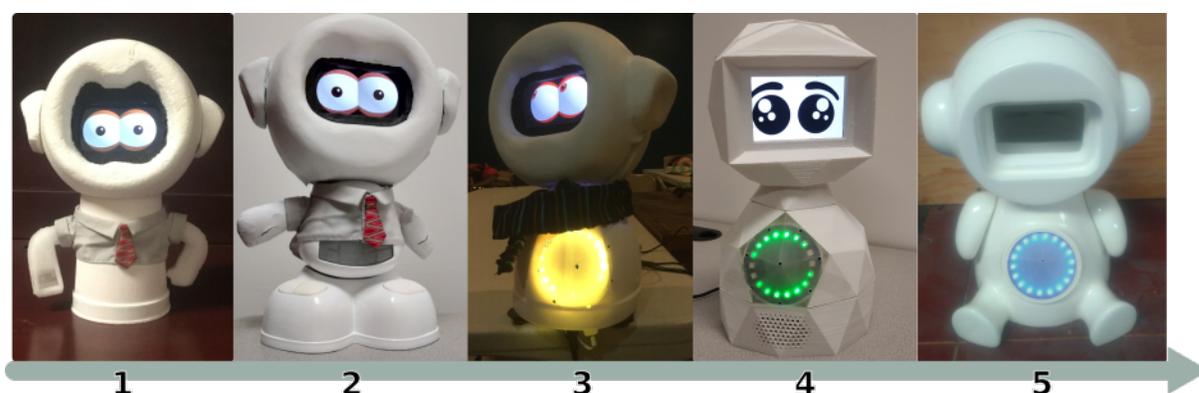
- Porcheron, M., Fischer, J. E., Reeves, S., y Sharples, S. (2018). Voice Interfaces in Everyday Life. En: *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18*, New York, New York, USA. ACM Press, Vol. 2018-April, pp. 1–12.
- Prieto, G., Contador, I., Tapias-Merino, E., Mitchell, A. J., y Bermejo-Pareja, F. (2012). The Mini-Mental-37 Test for Dementia Screening in the Spanish Population: An Analysis Using the Rasch Model. *The Clinical Neuropsychologist*, **26**(6): 1003–1018.
- Prince, M., Bryce, R., Albanese, E., Wimo, A., Ribeiro, W., y Ferri, C. P. (2013). The global prevalence of dementia: A systematic review and metaanalysis. *Alzheimer's & Dementia*, **9**(1): 63–75.e2.
- Pu, L., Moyle, W., Jones, C., y Todorovic, M. (2019). The Effectiveness of Social Robots for Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. *The Gerontologist*, **59**(1): e37–e51.
- Purington, A., Taft, J. G., Sannon, S., Bazarova, N. N., y Taylor, S. H. (2017). Alexa is my new bff. En: *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '17*, New York, New York, USA. ACM Press, pp. 2853–2859.
- Renaud, K. y van Biljon, J. (2008). Predicting technology acceptance and adoption by the elderly. En: *Proceedings of the 2008 annual research conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT research in developing countries riding the wave of technology - SAICSIT '08*, New York, New York, USA. ACM Press, Vol. 338, pp. 210–219.
- Riek, L. (2012). Wizard of Oz Studies in HRI: A Systematic Review and New Reporting Guidelines. *Journal of Human-Robot Interaction*, **1**(1): 119–136.
- Robinson, H., MacDonald, B., y Broadbent, E. (2014). The Role of Healthcare Robots for Older People at Home: A Review. *International Journal of Social Robotics*, **6**(4): 575–591.
- Rudzicz, F., Wang, R., Begum, M., y Mihailidis, A. (2015). Speech Interaction with Personal Assistive Robots Supporting Aging at Home for Individuals with Alzheimer's Disease. *ACM Transactions on Accessible Computing*, **7**(2): 1–22.
- Sabanovic, S., Bennett, C. C., Wan-Ling Chang, y Huber, L. (2013). PARO robot affects diverse interaction modalities in group sensory therapy for older adults with dementia. En: *2013 IEEE 13th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, jun. IEEE, pp. 1–6.
- Sabelli, A. M., Kanda, T., y Hagita, N. (2011). A conversational robot in an elderly care center: An ethnographic study. *Human-Robot Interaction (HRI), 2011 6th ACM/IEEE International Conference on*, pp. 37–44.
- Sadowsky, C. H. y Galvin, J. E. (2012). Guidelines for the Management of Cognitive and Behavioral Problems in Dementia. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, **25**(3): 350–366.
- Scopelliti, M., Giuliani, M. V., y Fornara, F. (2005). Robots in a domestic setting: a psychological approach. *Universal Access in the Information Society*, **4**(2): 146–155.

- Sherman, B. (1999). *Dementia with dignity : a guide for carers*. McGraw-Hill Book. p. 274.
- Shibata, T. (2012). Therapeutic Seal Robot as Biofeedback Medical Device: Qualitative and Quantitative Evaluations of Robot Therapy in Dementia Care. *Proceedings of the IEEE*, **100**(8): 2527–2538.
- Shibata, T. y Wada, K. (2011). Robot therapy: a new approach for mental healthcare of the elderly - a mini-review. *Gerontology*, **57**(4): 378–86.
- Small, J. A. y Gutman, G. (2002). Recommended and reported use of communication strategies in Alzheimer caregiving. *Alzheimer disease and associated disorders*, **16**(4): 270–278.
- Small, J. A., Gutman, G., Makela, S., y Hillhouse, B. (2003). Effectiveness of Communication Strategies Used by Caregivers of Persons With Alzheimer's Disease During Activities of Daily Living. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, **46**(2): 353–367.
- Spector, A., Thorgrimsen, L., Woods, B., Royan, L., Davies, S., Butterworth, M., y Orrell, M. (2003). Efficacy of an evidence-based cognitive stimulation therapy programme for people with dementia. *British Journal of Psychiatry*, **183**(3): 248–254.
- Spector, A., Orrell, M., y Woods, B. (2010). Cognitive Stimulation Therapy (CST): Effects on different areas of cognitive function for people with dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, **25**(12): 1253–1258.
- Tappen, R. M., Williams-Burgess, C., Edelstein, J., Touhy, T., y Fishman, S. (1997). Communicating with individuals with Alzheimer's disease: examination of recommended strategies. *Archives of psychiatric nursing*, **11**(5): 249–56.
- Tapus, A., Mataric, M., y Scassellati, B. (2007). Socially assistive robotics [Grand Challenges of Robotics]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, **14**(1): 35–42.
- Tapus, A., Tapus, C., y Mataric, M. J. (2009). The use of socially assistive robots in the design of intelligent cognitive therapies for people with dementia. En: *2009 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, jun. IEEE, pp. 924–929.
- Thomas, D. R. (2006). A General Inductive Approach for Analyzing Qualitative Evaluation Data. *American Journal of Evaluation*, **27**(2): 237–246.
- Valentí Soler, M., Agüera-Ortiz, L., Olazarán Rodríguez, J., Mendoza Rebolledo, C., Pérez Muñoz, A., Rodríguez Pérez, I., Osa Ruiz, E., Barrios Sánchez, A., Herrero Cano, V., Carrasco Chillón, L., Felipe Ruiz, S., López Alvarez, J., León Salas, B., Cañas Plaza, J. M., Martín Rico, F., Abella Dago, G., y Martínez Martín, P. (2015). Social robots in advanced dementia. *Frontiers in Aging Neuroscience*, **7**(JUN).
- van der Ploeg, E. S., Eppingstall, B., Camp, C. J., Runci, S. J., Taffe, J., y O'Connor, D. W. (2013). A randomized crossover trial to study the effect of personalized, one-to-one interaction using Montessori-based activities on agitation, affect, and engagement in nursing home residents with Dementia. *International Psychogeriatrics*, **25**(4): 565–575.

- Vink, A. C., Bruinsma, M. S., y Scholten, R. J. (2003). Music therapy for people with dementia. En: A. C. Vink (ed.), *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, número 3, p. CD003477.
- Wolery, M. y Harris, S. R. (1982). Interpreting results of single-subject research designs. *Physical therapy*, **62**(4): 445–452.
- Woods, B., Thorgrimsen, L., Spector, A., Royan, L., y Orrell, M. (2006). Improved quality of life and cognitive stimulation therapy in dementia. *Aging and Mental Health*, **10**(3): 219–226.
- Woods, B., Aguirre, E., Spector, A. E., y Orrell, M. (2012). Cognitive stimulation to improve cognitive functioning in people with dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (2).
- Zhan, S. y Ottenbacher, K. J. (2001). Single subject research designs for disability research. *Disability and Rehabilitation*, **23**(1): 1–8.

## Anexo A: Robot conversacional Eva

A lo largo del trabajo de tesis se fueron diseñando y desarrollando iterativamente distintos prototipos del robot Eva. Siendo la base del diseño los resultados obtenidos en los estudios contextuales realizados en las primeras etapas del trabajo de investigación (véase Tabla 1). El robot Eva tienen una apariencia antropomórfica (cuerpo, cabeza y cara), la cual fue evolucionando a través de las distintas versiones. La Figura 23 muestra las 5 versiones desarrolladas durante el trabajo de investigación, siendo las últimas dos versiones las más completas. Además, estas versiones fueron realizadas por medio de un proceso aditivo (impresión 3D), lo que se refleja en una mejor calidad y apariencia del robot.



**Figura 23.** Versiones del robot Eva desarrolladas a lo largo del trabajo de tesis.

### Hardware

Todas las versiones del robot Eva estuvieron basadas en un placa Raspberry PI <sup>1</sup>, la versión 3 model B+ para las primeras tres versiones, y la versión 4 model B para las últimas dos versiones. Además de utilizar una placa Arduino <sup>2</sup> para el manejo de los servomotores para el movimiento de brazos (v1) y cabeza (v3-5). La cara del robot se despliega mediante el uso de la pantalla de un teléfono celular. El hardware lo completan una bocina y un micrófono.

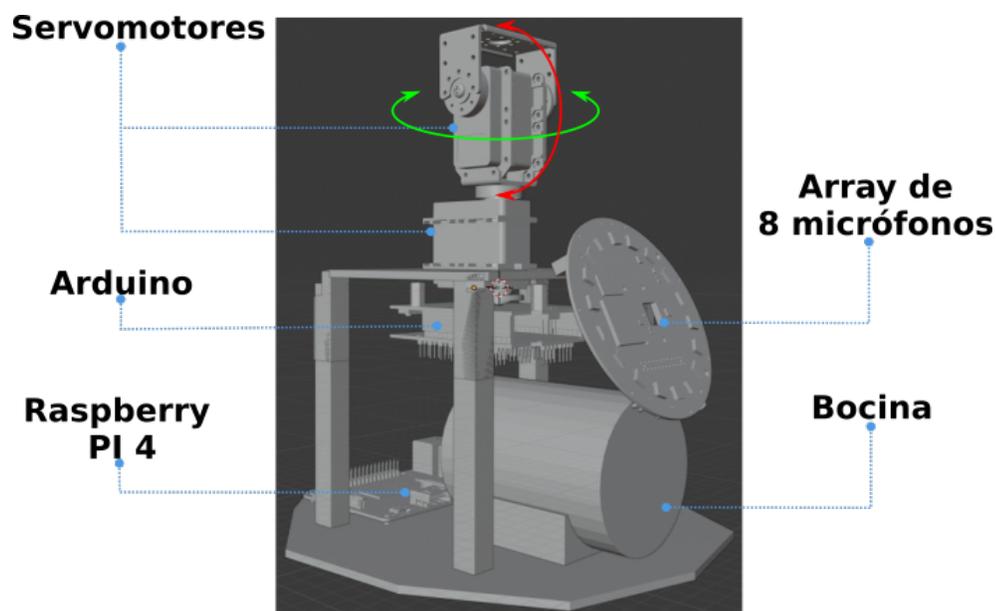
A partir de la tercera versión se incorporó un mecanismo de movimiento en la cabeza de dos grados de libertad (véase Figura 24). Además, se incorporó la tarjeta Matrix Voice <sup>3</sup>, la cual está compuesta por un arreglo de 8 micrófonos digitales que permiten obtener audio de mejor calidad, así como la posibilidad de determinar la

<sup>1</sup><https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>

<sup>2</sup><https://www.arduino.cc/>

<sup>3</sup><https://www.matrix.one/products/voice>

dirección de las fuentes de sonido. La placa Matrix Voice también cuenta con una serie de LEDs RGB, los cuáles fueron utilizados para diseñar y desarrollar animaciones para los distintos estados del robot tales como hablando, escuchando, procesando y asignación de turnos.



**Figura 24.** Estructura y hardware utilizado para las últimas versiones del robot Eva.

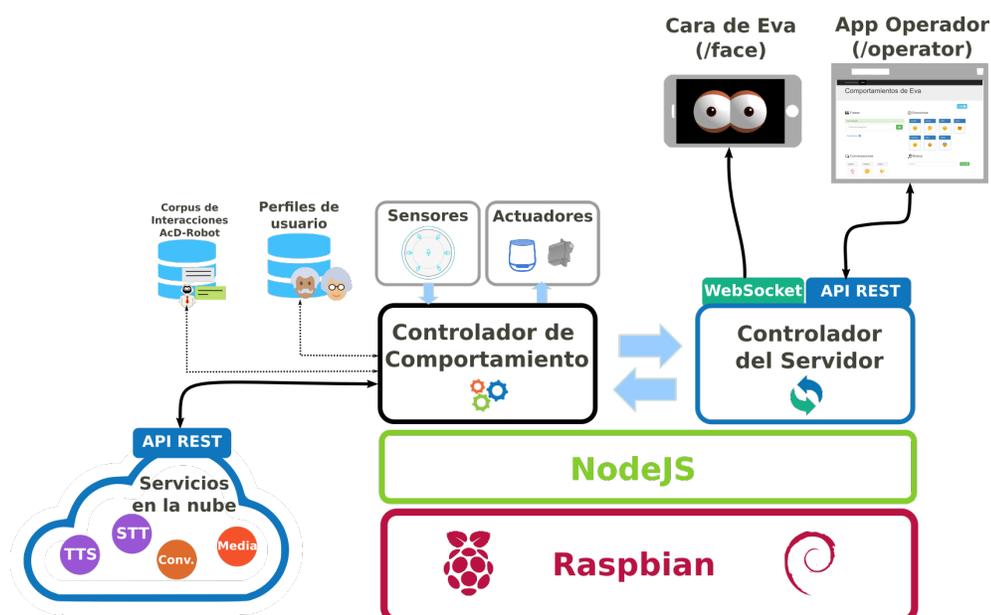
## Software

Los componentes de software del robot Eva fueron desarrollados en el entorno NodeJS <sup>4</sup>, el cuál permitió el manejo de los componentes de hardware y ejecución de los servicios tanto para el control de Eva por medio de una aplicación remota como para su comportamiento autónomo.

La Figura 25 muestra los componentes software desarrollados para el robot Eva, a lo largo del trabajo se fueron añadiendo componentes y funcionalidades de manera iterativa, hasta llegar a esta versión final. La arquitectura del robot Eva tiene dos componentes principales llamados controladores. El controlador de comportamiento que es el encargado del manejo y comunicación de los componentes de hardware, por ejemplo es el encargado de procesar los audios de entrada y salida. El segundo es el controlador de servidor, el cual es el responsable de ejecutar un servidor HTTP para permitir las conexiones remotas. Basado en una arquitectura REST, el controlador de servidor implementa servicios para procesar peticiones de un cliente remoto por medio

<sup>4</sup><https://nodejs.org/>

de la App Operador. Además, este controlador genera las respuestas para uno o más clientes (interfaz de la cara o App Operator).



**Figura 25.** Componentes del robot conversacional Eva.

En el modo autónomo el controlador de comportamiento lleva toda la carga de trabajo, haciendo uso de la arquitectura presentada en la sección 4.1.2 (véase Figura 13). Sin embargo, ambos controladores se mantienen comunicados por lo que si un cliente (App operador) solicita un cierto comportamiento de Eva (e.g., frase personalizada, expresión facial, música), el controlador de servidor procesa la petición y se comunica con el controlador de comportamiento, el cual gestiona el HW y servicios de la nube para realizar el comportamiento deseado en el robot Eva.

### Controlador de comportamiento

Los componentes de hardware son manejados por el controlador de comportamiento. Por lo que este controlador trabaja a bajo nivel de la arquitectura para acceder al hardware directamente. En el caso del manejo del movimiento, hace uso del puerto serial para mantener comunicación con la placa Arduino y así realizar los movimientos de los servomotores conectados. En el caso de la placa Matrix Voice, hace uso de las librerías MATRIX Hardware Abstraction Layer (HAL) <sup>5</sup> para el manejo del arreglo de micrófonos y leds.

<sup>5</sup><https://matrix-io.github.io/matrix-documentation/matrix-hal/overview/>

Como se mencionó, la arquitectura presentada en la Figura 13 de la sección 4.1.2, se implementa en este controlador. Es por eso que tiene conexiones directas a las bases de datos de los perfiles de los participantes y corpus de interacciones. Además, el controlador de comportamiento es el encargado de solicitar y manejar las respuestas de los servicios en la nube. Se utilizaron tres servicios cognitivos: Speech-to-text (STT) de Google Cloud Speech API <sup>6</sup>, Text-to-speech de IBM Watson<sup>7</sup> y la plataforma conversacional DialogFlow<sup>8</sup>. Además, se utilizaron los servicios de Google Music y Youtube Music para la reproducción de música.

### **Controlador de servidor**

Para poder manejar al robot Eva, se desarrollaron mecanismos para poder controlarlo de manera remota. Así, dentro de la arquitectura del robot Eva se implementó un servidor Web para permitir conexiones remotas, y así configurar y operar el comportamiento y funcionalidades del robot Eva.

El controlador de servidor fue desarrollado basado en la arquitectura Modelo, Vista, Controlador (MVC) y REST. Así, el controlador de servidor ejecuta un servidor HTTP para permitir conexiones remotas desde aplicaciones cliente, las cuales pueden enviar y obtener información del comportamiento del robot. Dos aplicaciones cliente con diferentes propósitos fueron desarrolladas.

**App Cara.** Esta app fue desarrollada para mostrar la cara de Eva en el teléfono celular, vía el uso de un explorador Web mediante una ruta específica (/face). Así, el controlador de servidor despliega una vista cuya principal funcionalidad es mostrar una aplicación 3D de los ojos del robot. Desarrollada con Three.js<sup>9</sup>, esta vista puede desplegar las animaciones desarrolladas para el robot Eva (e.g., normal, pensando, triste, amor, sorpresa, feliz y miedo). El controlador de servidor, vía un WebSocket, envía una señal a esta aplicación cliente cada que se tiene que mostrar una nueva expresión del robot Eva.

**App Operador.** Como se mostró en la sección 3.2 (véase Figura 3), una aplicación fue desarrollada para el control del comportamiento del robot Eva. Por medio de un na-

---

<sup>6</sup><https://cloud.google.com/speech-to-text/>

<sup>7</sup><https://www.ibm.com/cloud/watson-text-to-speech>

<sup>8</sup><https://dialogflow.com/>

<sup>9</sup><https://threejs.org/>

vegador Web, un usuario puede acceder a la App operador (/operator) para controlar el comportamiento y funcionalidades del robot Eva. La App operador utiliza tecnologías *front-end* (AngularJS<sup>10</sup>) para establecer una comunicación con el controlador servidor por medio de un esquema REST API. Además, el controlador de servidor envía información a la App controlar para visualizar las interacciones que se esta llevando a cabo el robot Eva.

---

<sup>10</sup><https://angularjs.org/>

## Anexo B: Mini-Examen del estado mental 37 (MMSE-37)

Nombre:

Fecha:

Descripción e instrucciones de uso: *Voy a plantearle unas preguntas sencillas para analizar su concentración y memoria.*

### Orientación temporal

¿Qué día de la semana es hoy?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
¿Qué día del mes es hoy?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
¿En qué mes estamos?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
¿En qué año estamos?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
¿En qué estación del año estamos?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

### Orientación espacial

¿Cuál es su dirección? Calle y número	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Dígame el país	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
La ciudad	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Dígame dos nombres de calles cercanas	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
¿En qué parte de su domicilio estamos?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

### Memoria (Fijación)

“ Ahora le voy a nombrar tres objetos. Después de nombrarlos quiero que me los repita. Recuérdelos bien porque le pediré que los nombre otra vez al cabo de unos minutos. ”

*Nombre los tres objetos empleando un segundo para cada uno de ellos: manzana, mesa y peso. Puntúe 1 por cada respuesta correcta al primer intento y ponga el número de respuestas correctas en total. Si en el primer intento hay algún error u omisión, repita todos los nombres hasta que el sujeto los aprenda (máximo 5 veces).*

Manzana	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Mesa	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Peso	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

### Cálculo

“ ¿Puede usted restar 100 menos 7? ... ¿Y 93 menos 7? ... ¿Y 86 menos 7? ... ¿Y 79 menos 7? ... ¿Y 72 menos 7? ”

*Anote 1 punto para cada respuesta correcta. Finalice después de 5 respuestas. Cuente un error cuando la diferencia entre los números no sea de 7.*

93	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
86	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
79	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
72	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
65	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

### Atención (números en orden inverso)

“ Ahora voy a decirle un número de 5 cifras y quiero que me lo repita al revés. El número es 1-3-5-7-9 ”.

*Si fuera necesario repítalo otra vez, pero no después de que el sujeto haya empezado a repetirlo; anote 1 punto por cada dígito.*

9	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
7	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
5	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
3	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
1	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

### Memoria (Retención)

“Ahora dígame las 3 palabras que le pedí que recordara”.

Manzana	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Mesa	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Peso	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

### Denominación

“¿Qué es esto?”.

*(Muestre un reloj y un lápiz).*

Reloj	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Lápiz	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

### Repetición

“Me gustaría que usted repitiera la frase que le voy a decir: En un trigal había tres tigres”.

*(Permita solamente un intento).*

Lo repitió	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
------------	----------------------------	----------------------------

### Lectura/ejecución

“Lea las palabras escritas en el papel y después haga lo que dice ahí”.

(Muestre la hoja en la que esté escrito. Anote 1 si el sujeto cierra los ojos).

Cerro los ojos	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
----------------	----------------------------	----------------------------

### Imitación gestual

“Mire este dibujo y haga lo mismo”.

(Muestre el dibujo de un hombre levantando las manos. Puntúe 1 si el sujeto levanta las manos).

Levantó las manos	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
-------------------	----------------------------	----------------------------



### Escritura

“Escriba una frase completa en este papel”.

(La frase debe de tener sujeto, verbo y tener sentido. No cuente faltas de ortografía ni gramaticales a la hora de puntuar).

Escribió frase completa	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
-------------------------	----------------------------	----------------------------

### Ejecución de órdenes

“Le voy a dar a usted una hoja de papel. Tómelo con su mano derecha, dóblelo a la mitad con ambas manos y colóquelo sobre sus rodillas”.

(Lea la frase anterior y después entregue al sujeto el papel. Anote 1 punto para cada orden correctamente realizada).

Tomar el papel con la mano derecha	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Doblar el papel a la mitad con ambas manos	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Colocar el papel sobre las rodillas	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

**Dibujo**

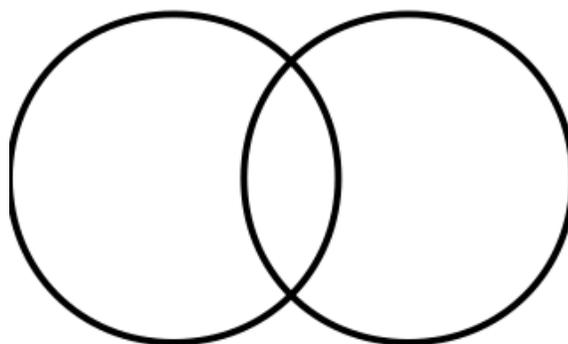
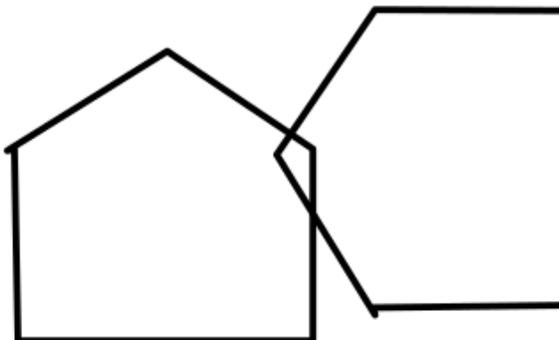
“Estos son dos dibujos. Por favor cópielos en este mismo papel”.

*(La respuesta es correcta si hay una intersección entre los dos pentágonos. Los círculos deberán superponerse menos de la mitad.)*

---

Pentágonos	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
Círculos	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1

---



## **Anexo C: Cuestionario de inventario neuropsiquiátrico (NPI-NH)**

Por favor, responda las siguientes preguntas, basadas en los cambios que han ocurrido desde que su (\_\_\_\_) comenzó a experimentar problemas de memoria. Responda "SI" solamente, si los síntomas han estado presentes durante el último mes.

### **CR2.1 DELIRIOS**

**¿El residente cree en cosas que usted sabe que no son ciertas? Por ejemplo, ¿dice que la gente trata de hacerle daño o robarle? ¿Dice que sus familiares o personas conocidas no son quienes dicen ser, o cree que su esposo/a le está siendo infiel? ¿Tiene el residente algún otro tipo de creencias inusuales?**

**N/A** **NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿Cree el residente que está en peligro, que otros están planeando hacerle daño o le han estado haciendo daño?
2. ¿Cree el residente que otras personas le están robando?
3. ¿Cree el residente que su esposo/a le está siendo infiel?
4. ¿Cree el residente que su familia, personas del trabajo u otros no son quienes dicen ser?
5. ¿Cree el residente que los personajes de la televisión o las revistas están en realidad presentes en la habitación? (¿Trata de hablarles o interactuar con ellos?)
6. ¿Cree el residente en otras cosas inusuales que no se le hayan preguntado?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es sí, determine la frecuencia y gravedad de los delirios.

#### **CR2.1.1 Frecuencia:**

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

#### **CR2.1.2 Gravedad:**

1. Leve – presenta delirios pero parecen poco importantes y al residente le producen poca angustia.
2. Moderada – los delirios son angustiantes y problemáticos.
3. Grave – los delirios son muy problemáticos y son la fuente principal de los trastornos del comportamiento (si se le recetan medicamentos según sus necesidades, su uso indica que los delirios son de una gravedad considerable).

**CR2.1.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocional-

mente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.

1. Mínimamente

2. Levemente

3. Moderadamente

4. Mucho

5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.2 ALUCINACIONES

**¿El residente tiene alucinaciones, es decir, ve, oye o experimenta cosas que no se encuentran presentes? (Si la respuesta es sí, pregunte por un ejemplo para ver si se trata en realidad de una alucinación). ¿Habla el residente con personas que no están presentes?**

**N/A NO** (si no, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si sí, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente actúa como si oyera voces o describe oír voces?
2. ¿El residente habla a personas que no se encuentran presentes?
3. ¿El residente dice ver cosas que los demás no ven o actúa como si viera cosas que los demás no ven (gente, animales, luces, etc)?
4. ¿El residente dice percibir olores que los demás no pueden oler?
5. ¿El residente dice sentir algo en la piel o parece que siente que algo le sube o le toca?
6. ¿El residente dice percibir sabores sin que tenga nada en la boca con ese sabor?
7. ¿El residente dice percibir alguna otra experiencia sensorial inusual?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es sí, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.2.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.2.2 Gravedad:

1. Leve – presenta alucinaciones pero parecen poco importantes y al residente le producen poca angustia.
2. Moderada – las alucinaciones son angustiantes y problemáticas.
3. Grave – las alucinaciones son muy problemáticas y son la fuente principal de los trastornos del comportamiento. Puede necesitar medicamentos para controlarlas.

**CR2.2.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

### CR2.3 AGITACIÓN / AGRESIÓN

**¿El residente tiene períodos en los que rechaza colaborar o en los que no deja que lo ayuden? ¿Es difícil de manejar? ¿Es ruidoso o se niega a cooperar? ¿El residente intenta hacer daño o pegar a los demás?**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente se enfada con las personas cuando intentan cuidarlo o se resiste a llevar a cabo actividades como bañarse o cambiarse de ropa?
2. ¿El residente se muestra testarudo, queriendo que las cosas se hagan a su manera?
3. ¿El residente se muestra poco dispuesto a colaborar y se resiste a recibir ayuda por parte de los demás?
4. ¿El residente presenta algún otro comportamiento que lo haga difícil de manejar?
5. ¿El residente grita o insulta?
6. ¿El residente da portazos, da patadas a los muebles, lanza objetos?
7. ¿El residente intenta hacer daño o pegar a los demás?
8. ¿El residente presenta algún otro tipo de comportamiento agresivo o agitado?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

#### CR2.3.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

#### CR2.3.2 Gravedad:

1. Leve – el comportamiento es problemático pero se puede controlar.
2. Moderada – el comportamiento es problemático y difícil de controlar.
3. Grave – la agitación es muy problemática y estresante para el residente, es muy difícil o imposible de controlar. Hay la posibilidad de que se autolesione y a menudo necesita medicación.

**CR2.3.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.4 DEPRESIÓN

**¿El residente parece triste o deprimido? ¿Dice sentirse triste o deprimido? ¿El residente llora a veces?**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente llora a veces?
2. ¿El residente habla o actúa como si estuviera deprimido?
3. ¿El residente se menosprecia o dice sentirse fracasado?
4. ¿El residente dice ser una mala persona o que merece ser castigado?
5. ¿El residente parece desanimado o dice que no tiene futuro?
6. ¿El residente dice ser una carga para la familia o que su familia estaría mejor sin él/ella?
7. ¿El residente habla sobre querer morirse o suicidarse?
8. ¿El residente presenta algún otro tipo de comportamiento depresivo o triste?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.4.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.4.2 Gravedad:

1. Leve – la depresión le produce angustia pero generalmente responde si se le distrae con otra actividad o se le tranquiliza.
2. Moderada – la depresión le produce angustia, es difícil que responda a intentos de cambiarlo por parte del cuidador.
3. Grave – la depresión le produce mucha angustia y es una fuente muy importante de sufrimiento del paciente.

**CR2.4.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.5 ANSIEDAD

**¿El residente está muy nervioso, preocupado o asustado sin razón aparente? ¿Parece inquieto o nervioso? ¿Tiene miedo de ser separado de usted o de aquellos en quien confía?**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente dice estar preocupado por lo que tiene programado hacer, como citas o visitas?
2. ¿El residente tiene períodos en los que se siente tembloroso, incapaz de relajarse o en los que se siente excesivamente tenso?
3. ¿El residente tiene períodos en los que le falta la respiración (o se queja de ello), en los que respira entrecortadamente o suspira sin otra razón aparente más que el nerviosismo?
4. ¿El residente se queja de tener un nudo en el estómago o de tener palpitaciones o fuertes latidos de corazón asociados al nerviosismo (síntomas que no se explican por un problema de salud)?
5. ¿El residente evita ciertos lugares o situaciones que le ponen más nervioso/a, como encontrarse con amigos o participar en actividades del centro?
6. ¿El residente se pone nervioso y se altera cuando se separa de usted o de aquellos en quien confía? (¿Se le aferra para evitar que le separen de usted?)
7. ¿El residente muestra algún otro signo de ansiedad?

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.5.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.5.2 Gravedad:

1. Leve – la ansiedad le angustia pero generalmente responde si se le distrae con otra actividad o se le tranquiliza.
2. Moderada – la ansiedad le angustia, muestra síntomas de ansiedad difíciles de aliviar.
3. Grave – la ansiedad le produce mucha angustia y es una fuente muy importante de sufrimiento del paciente.

**CR2.5.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.6 EXALTACIÓN / EUFORIA

**¿El residente parece demasiado alegre o demasiado contento sin razón aparente? No me refiero a la alegría normal sino de encontrar divertidas cosas que a los demás no les hace gracia.**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente parece sentirse demasiado bien o demasiado feliz?
2. ¿El residente encuentra divertido o se ríe de cosas que los demás no encuentran graciosas?
3. ¿El residente parece tener un sentido del humor infantil, con tendencia a reír tontamente o a reírse de forma inadecuada (como cuando a alguien le ocurre una desgracia)?
4. ¿El residente cuenta chistes o hace comentarios que sólo le hacen gracia a él/ella?
5. ¿El residente gasta bromas infantiles como pellizcar o quitar cosas y negarse a devolverlas para divertirse?
6. ¿El residente muestra algún otro signo de sentirse demasiado bien o estar demasiado contento?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.6.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.6.2 Gravedad:

1. Leve – el residente está demasiado contento a veces.
2. Moderada – el residente está demasiado contento a veces y alguna vez ha causado comportamiento anormal.
3. Grave – el residente está demasiado contento casi continuamente y prácticamente todo le parece cómico.

**CR2.6.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.7 APATÍA / INDIFERENCIA

**¿El residente permanece sentado silenciosamente sin prestar atención a las cosas que están ocurriendo a su alrededor? ¿Ha perdido interés en hacer cosas o ha perdido motivación para participar en actividades? ¿Es difícil involucrar al residente en una conversación o en actividades de grupo?**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente ha perdido interés en el mundo que le rodea?
2. ¿El residente se muestra menos dispuesto a iniciar una conversación? (puntuar solamente si le es posible conversar).
3. ¿El residente se muestra falta de emociones ante situaciones en que se esperaría una reacción emocional (felicidad por la visita de un amigo o familiar, interés por las noticias o deportes, etc.)?
4. ¿El residente ha perdido interés por sus amigos y miembros de la familia?
5. ¿El residente se muestra menos entusiasta con las cosas que le solían interesar?
6. ¿El residente muestra algún otro signo que indique que no tiene interés en hacer cosas nuevas?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.7.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.7.2 Gravedad:

1. Leve – la apatía es notable pero sólo a veces, e interfiere poco en su comportamiento o en su participación en actividades.
2. Moderada – la apatía es muy evidente; sólo responde de forma espontánea a acontecimientos importantes como la visita de familiares cercanos o miembros de su familia.
3. Grave – el residente ha perdido completamente el interés y la motivación.

**CR2.7.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.8 DESINHIBICIÓN

**¿El residente hace o dice cosas que normalmente no se hacen o dicen en público? ¿Parece actuar impulsivamente y sin pensar? ¿El residente dice cosas insensibles o hiere los sentimientos de los demás?**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente actúa impulsivamente sin importarle las consecuencias?
2. ¿El residente habla con extraños como si los conociera?
3. ¿El residente les dice cosas a los demás que pueden herir su sensibilidad o sus sentimientos?
4. ¿El residente dice cosas ordinarias o hace comentarios de tipo sexual?
5. ¿El residente habla abiertamente sobre temas muy personales o de asuntos privados que habitualmente no se comentarían en público?
6. ¿El residente se toma libertades, toca o abraza a otras personas de forma que no corresponde con su carácter?
7. ¿El residente muestra algún otro signo de pérdida de control de sus impulsos?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.8.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.8.2 Gravedad:

1. Leve – el residente actúa impulsivamente a veces, pero suele responder si se le distrae con otra actividad o se le guía.
2. Moderada – el residente es muy impulsivo y el cuidador tiene muchas dificultades para controlarlo.
3. Grave – el residente se muestra impulsivo casi continuamente y su comportamiento es casi imposible de controlar.

**CR2.8.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.9 IRRITABILIDAD / LABILIDAD

**¿El residente se irrita o se molesta con facilidad? ¿Es muy variable su estado de ánimo? ¿Se muestra anormalmente impaciente?**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente tiene mal genio y pierde fácilmente los estribos por nada?
2. ¿El residente cambia de humor rápidamente, pasando de estar bien a estar irritado en menos de un minuto?
3. ¿El residente sufre ataques de ira repentinos?
4. ¿El residente se muestra impaciente, con problemas para aguantar los retrasos de las actividades programadas o esperar a que éstas se inicien?
5. ¿El residente se irrita con facilidad?
6. ¿El residente tiende a discutir y es difícil llevarse bien con él/ella?
7. ¿El residente muestra algún otro signo de irritabilidad?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.9.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.9.2 Gravedad:

1. Leve – el residente se muestra irritable a veces pero es fácil de manejar por parte del cuidador.
2. Moderada – el residente se muestra muy irritable y el cuidador tiene muchas dificultades para controlarlo.
3. Grave – el residente se muestra irritable casi todo el tiempo y su comportamiento es casi imposible de controlar.

**CR2.9.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.10 CONDUCTA MOTORA ABERRANTE

**¿El residente hace actividades repetitivas o “hábitos” que realiza una y otra vez como ir de un lado a otro, haciendo cosas una y otra vez, como abrir armarios o cajones, o tocar cosas de forma repetitiva o enrollar hilos o cordones? (No incluir temblores simples o movimientos de la lengua).**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente da vueltas por el centro/residencia sin motivo aparente?
2. ¿El residente abre cajones y armarios, revolviendo las cosas y sacándolas de su sitio?
3. ¿El residente se pone y se quita repetidamente la ropa?
4. ¿El residente lleva a cabo actividades repetitivas como jugar con botones, toquetear o enrollar cordones, cambiar las sábanas de las camas de sitio, etc.?
5. ¿El residente lleva a cabo actividades repetitivas o “hábitos” que repite una y otra vez?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.10.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.10.2 Gravedad:

1. Leve – el residente realiza conductas repetitivas a veces, pero no interfieren en las actividades diarias.
2. Moderada – las conductas repetitivas del residente son muy evidentes pero se pueden controlar con ayuda del cuidador.
3. Grave – las conductas repetitivas son muy evidentes y molestas para el residente, y son difíciles o imposibles de controlar por parte del cuidador.

**CR2.10.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## CR2.11 ALTERACIONES SUEÑOS

**¿Tiene el residente dificultades para dormir (no tenga en cuenta si el paciente simplemente se levanta una o dos veces durante la noche sólo para ir al baño y se vuelve a dormir inmediatamente)? ¿Se levanta por la noche? ¿Deambula por la noche, se viste o va a las habitaciones de otros?**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente tiene dificultades para quedarse dormido?
2. ¿El residente se levanta durante la noche (no tenga en cuenta si se levanta sólo una o dos veces durante la noche sólo para ir al baño y se vuelve a dormir inmediatamente)?
3. ¿El residente deambula, anda de un lado al otro o se dedica a actividades inapropiadas durante la noche?
4. ¿El residente se despierta durante la noche, se viste y se dispone a salir, pensando que ya es de día y el momento de empezar la jornada?
5. ¿El residente se levanta demasiado temprano por la mañana (antes que otros residentes)?
6. ¿El residente tiene algún otro comportamiento durante la noche del que no hayamos hablado?

Comentarios:

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### CR2.11.1 Frecuencia:

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### CR2.11.2 Gravedad:

1. Leve – se produce algún trastorno de conducta durante la noche pero no es problemático.
2. Moderada – se produce algún trastorno de conducta durante la noche e interrumpe el sueño de otros residentes en el centro/residencia; puede darse más de un tipo de conducta anómala durante la noche.
3. Grave – se producen trastornos de conducta durante la noche y el residente se encuentra muy perturbado y angustiado durante la noche.

**CR2.11.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## **CR2.12 APETITO / ALIMENTACIÓN**

**¿El residente ha experimentado algún cambio en su apetito, peso o hábitos alimentarios?  
¿Se ha producido algún cambio en el tipo de comida que prefiere?**

**N/A NO** (si *no*, pase a la siguiente pregunta de selección) **SÍ** (si *sí*, proceda a las subpreguntas)

1. ¿El residente ha perdido apetito?
2. ¿El residente ha aumentado su apetito de forma inusual?
3. ¿El residente ha perdido peso?
4. ¿El residente ha ganado peso?
5. ¿El residente ha experimentado algún cambio en su comportamiento alimentario como ponerse demasiada comida en la boca de una vez?
6. ¿El residente ha experimentado algún cambio en el tipo de comida que le gusta, como comer demasiados dulces u otro tipo específico de comida?
7. ¿El residente ha desarrollado algún tipo de conducta alimentario como comer exactamente el mismo tipo de alimentos cada día o comerlos exactamente en el mismo orden?
8. ¿Se ha producido algún otro cambio en su apetito o en la comida del que no hayamos hablado?

¿Ha quedado confirmada la pregunta de selección? **NO**

Si la respuesta es *sí*, determine la frecuencia y gravedad de las alucinaciones.

### **CR2.12.1 Frecuencia:**

1. Casi nunca – menos de una vez a la semana.
2. A veces – una vez a la semana aproximadamente.
3. Con frecuencia – varias veces a la semana pero no cada día.
4. Con mucha frecuencia – una o más veces al día.

### **CR2.12.2 Gravedad:**

1. Leve – se producen cambios en su apetito o en la comida pero no conllevan cambios de peso y no son problemáticos.
2. Moderada – se producen cambios en su apetito o en la comida que producen fluctuaciones de peso poco importantes.
3. Grave – se producen cambios obvios en su apetito o en la comida que causan fluctuaciones de peso, que son embarazosos o que, de algún modo, molestan al paciente.

**CR2.12.3 Interrupción ocupacional:** ¿Hasta qué punto este comportamiento le afecta emocionalmente y/o le crea más trabajo?

0. En absoluto.
1. Mínimamente
2. Levemente
3. Moderadamente
4. Mucho
5. Muchísimo o extremadamente.

## Anexo D: Qualidem

Nombre:

Fecha:

<b>Elemento</b>	<b>Opciones de respuesta</b>				<b>Cat.</b>
¿Está alegre?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	B
¿Hace movimientos inquietos?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	D
¿Tiene contacto con otros residentes?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	F
¿Rechaza la ayuda de los cuidadores?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	A
¿Irradia satisfacción?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	B
¿Da una impresión ansiosa?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	C
¿Está enojado?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	A
¿Es capaz de disfrutar cosas de la vida diaria?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	B
¿No quiere comer?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	J
¿Está de buen humor?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	B
¿Está triste?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	C
¿Responde positivamente al acercase a ella/él?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	F
¿Indica que está aburrida(o)?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	H
¿Tiene conflictos con los cuidadores?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	A
¿Disfruta las comidas?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	J
¿Es rechazada(o) por otros residentes?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	G
¿Acusa o se queja a otros?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	A
¿Cuida o ayuda a otros residentes?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	F
¿Es inquieto?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	D
¿Rechaza abiertamente el contacto con los demás?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	G
¿Tienes una sonrisa en su cara?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	B
¿Tiene un lenguaje corporal tenso?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	D
¿Llora?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	C
¿Aprecia la ayuda que recibe?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	A
¿Se aleja por su propia cuenta del entorno?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	F
¿Encuentra cosas que hacer sin ayuda de otros?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	I
¿Indica que le gustaría tener más ayuda?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	E

<b>Elemento</b>	<b>Opciones de respuesta</b>				<b>Cat.</b>
¿Indica que se siente encerrado?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	H
¿Se lleva bien con uno o más residentes?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	F
¿Le gusta estar acostado (en su cama)?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	J
¿Acepta ayuda?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	A
¿Grita?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	G
¿Critica la rutina diaria?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	A
¿Se siente a gusto en compañía de otros?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	F
¿Indica que no se siente capaz de hacer nada?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	E
¿Se siente como en casa?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	H
¿Indica que se siente inútil?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	E
¿Le gusta ayudar con las tareas de la residencia?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	I
¿Quiere salirse de la residencia?	Nunca . 3	Rara vez 2	A veces 1	Frecuentemente 0	H
¿Se puede influenciar positivamente en su humor?	Nunca . 0	Rara vez 1	A veces 2	Frecuentemente 3	I

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>
Relación con los cuidados (7)	A
Afecto positivo (6)	B
Afecto negativo (3)	C
Comportamiento tenso e inquieto (3)	D
Imagen de si mismo (3)	E
Relaciones sociales (6)	F
Aislamiento social(3)	G
Sentirse en casa (4)	H
Mantenerse ocupado (2)	I
Alimentación y sueño (3)	J

## **Anexo E: Lista de acrónimos**

<b>RAS</b>	Robot de Asistencia Social
<b>AcD</b>	Adulto Mayor con Demencia
<b>INF</b>	Intervención No-Farmacológica
<b>MMSE</b>	Mini-Examen del Estado Mental
<b>NPI-NH</b>	Inventario Neuropsiquiátrico - versión para adultos mayores institucionalizados
<b>ADL</b>	Actividades de la vida diaria