

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



**Maestría en Ciencias  
en Ciencias de la Computación**

---

**Robot de asistencia social en apoyo al manejo de  
comportamientos alimenticios disruptivos que  
presentan personas con demencia**

Tesis

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

Presenta:

**Misael Astorga Carrillo**

Ensenada, Baja California, México

2021

Tesis defendida por

**Misael Astorga Carrillo**

y aprobada por el siguiente Comité

---

Dr. Jesús Favela Vara

Director de tesis

Dra. Monica Elizabeth Tentori Espinosa

Dr. Dagoberto Cruz Sandoval

Dr. Daniel Saucedo Carvajal



---

Dr. Pedro Gilberto López Mariscal

Coordinador del Posgrado en Ciencias de la Computación

---

Dr. Pedro Negrete Regagnon

Director de Estudios de Posgrado

*Misael Astorga Carrillo © 2021*

*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 Misael Astorga Carrillo como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

## **Robot de asistencia social en apoyo al manejo de comportamientos alimenticios disruptivos que presentan personas con demencia**

Resumen aprobado por:

---

Dr. Jesús Favela Vara

Director de tesis

Cambios demográficos a nivel mundial están provocando un gradual envejecimiento de la población. A mayor edad se incrementa la incidencia de padecimientos y con ello una mayor dependencia y demanda de asistencia para el cuidado de la salud. En el caso de adultos mayores con alguna discapacidad, como la demencia, hay una necesidad de cuidados adicionales que con frecuencia realizan familiares y amigos. Una de las soluciones a este problema consiste en el desarrollo de nuevas tecnologías de asistencia. El estado nutricional es un aspecto importante de todo ser humano, y representa retos adicionales para personas con demencia y sus cuidadores. Los hábitos alimenticios pueden verse alterados por las condiciones que afectan la cognición. Muchos adultos mayores con demencia requieren asistencia de distinto tipo para la alimentación en alguna etapa de la enfermedad, es ahí donde los robots de asistencia social (RAS) pueden jugar un papel importante. Los robots de asistencia social son un campo relativamente nuevo de la robótica que se centra en el desarrollo de robots que tengan la capacidad de ayudar a los usuarios por medio de la interacción social en lugar de la física. En este trabajo se utilizaron técnicas de diseño centrado en el usuario para informar el diseño de interacciones humano-robot para ayudar a mitigar algunos problemas que puedan presentar los adultos mayores con demencia al momento de alimentarse. Para ello se realizaron entrevistas con cuidadores formales, se realizó un análisis de las entrevistas y con esa información se llevaron a cabo sesiones de diseño que tuvieron como resultado escenarios, viñetas, ideas de diseño y videoclips. En base en lo anterior se implementaron las interacciones en el robot de asistencia social Eva. La implementación incluye servicios para la detección de actividades de interés durante la alimentación de un adulto mayor con demencia, como detectar si está comiendo o se levanta de la mesa. Una evaluación formativa del prototipo del robot de asistencia social realizada con cuidadores informales y expertos en tecnología para la demencia permitió validar el diseño y mejorar el diseño de interacción. Con esta información se implementó una sesión de alimentación con el robot que incluye algoritmos de detección de actividades y estados de interés antes mencionados. Los algoritmos de reconocimiento de actividad fueron evaluados de forma independiente aportando evidencia de su factibilidad técnica. Finalmente, se evaluó una sesión completa de alimentación acompañada por el robot en condiciones controladas de laboratorio que permitieron establecer su viabilidad e identificar oportunidades de mejora.

**Palabras clave: Robot de asistencia social, Alimentación en demencia, Reconocimiento de actividades, Diseño de interacción humano-robot**

Abstract of the thesis presented by Misael Astorga Carrillo as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Maestría en Ciencias en Ciencias de la Computación.

## **Social assistive robot in support of disruptive eating behaviors that people with dementia present**

Abstract approved by:

---

Dr. Jesús Favela Vara  
Thesis Director

Demographic changes worldwide are causing a gradual aging of the population. At an older age, the incidence of diseases increases and with it a greater dependence and demand for health care assistance. In the case of older adults with a disability, such as dementia, there is a need for additional care that is often carried out by family and friends. One of the solutions to this problem is the development of new assistive technologies. Nutritional status is an important aspect of every human being, and it presents additional challenges for people with dementia and their caregivers. Eating habits can be altered by conditions that affect cognition. Many older adults with dementia require different types of assistance for feeding at some stage of the disease, this is where social assistive robots (SAR) can play an important role. Social assistive robots are a relatively new field of robotics that focuses on the development of robots that have the ability to assist users through social interaction rather than physical. In this work, user-centered design techniques were used to inform the design of human-robot interactions to help mitigate some problems that older adults with dementia may present when feeding. For this, interviews with formal caregivers were conducted, an analysis of the interviews was carried out and with this information, design sessions were carried out that resulted in scenarios, vignettes, design ideas and video clips. Based on the above, the interactions were implemented in the social assistance robot Eva. The implementation includes services for the detection of activities of interest during feeding of an older adult with dementia, such as detecting if she is eating or getting up from the table. A formative evaluation of the social care robot prototype conducted with informal caregivers and experts in dementia technology allowed the design to be validated and the interaction design improved. With this information, a feeding session with the robot was implemented that includes algorithms for detecting activities and states of interest mentioned above. The activity recognition algorithms were independently evaluated, providing evidence of their technical feasibility. Finally, a complete feeding session accompanied by the robot was evaluated under controlled laboratory conditions that made it possible to establish its viability and identify opportunities for improvement.

**Keywords: Social assistive robot, Feeding in dementia, Activity recognition, Human-robot interaction design**

## **Dedicatoria**

***A mi familia, especialmente a mis padres que siempre me apoyan en mis decisiones.***

## **Agradecimientos**

Al Dr. Jesús Favela por contagiarme el espíritu de investigación y por siempre estar al pendiente de mi trabajo.

A mis compañeros por su amistad y por los buenos momentos que pasamos juntos.

A mi comité de tesis por sus comentarios y sugerencias en este trabajo.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada por la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría. No. de becario: 994329

## Tabla de contenido

	Página
Resumen en español .....	ii
Resumen en inglés .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos .....	v
Lista de figuras .....	viii
Lista de tablas .....	ix
<b>Capítulo 1. Introducción</b>	
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Preguntas de investigación .....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	5
1.5. Metodología .....	5
1.6. Estructura de la tesis .....	6
<b>Capítulo 2. Trabajo relacionado</b>	
2.1. Robots sociales .....	8
2.2. Robots de asistencia social .....	9
2.2.1. Robots de asistencia social para adultos mayores con demencia	9
2.2.2. Principales desafíos en la evaluación de los robots de asisten-	
cia social .....	12
2.3. Diseño de interacción .....	13
2.3.1. La personalización de la interacción .....	14
2.3.2. Retos en el diseño de interacción .....	15
2.3.3. Diseño de interacción en HRI para demencia .....	17
<b>Capítulo 3. Diseño y evaluación del RAS</b>	
3.1. Estudio contextual .....	19
3.1.1. Entrevistas .....	19
3.1.1.1. Participantes .....	20
3.1.2. Transcripción y análisis .....	20
3.2. Sesiones de Diseño .....	23
3.2.1. Ideas de diseño .....	23
3.2.2. Escenarios .....	24
3.2.3. Sesión de diseño adicional con expertos en tecnología para la	
demencia .....	25
3.3. Prototipo .....	28
3.3.1. Viñetas y videoclips .....	28
3.4. Evaluación .....	29

## Tabla de contenido (continuación)

3.4.1. Resultados de la intención de aceptación del RAS por parte de los cuidadores . . . . .	32
3.4.2. Resultados de las preguntas adicionales realizadas a cuidadores formales e informales de adultos mayores con demencia . . . . .	34
3.4.3. Resultados de la intención de aceptación del RAS por parte los expertos en desarrollo de tecnología para la demencia . . . . .	38
3.4.4. Resultados de las preguntas adicionales realizadas a expertos en desarrollo de tecnología para la demencia . . . . .	39
3.5. Decisiones de diseño pre-implementación . . . . .	41

### Capítulo 4. Robot de asistencia a la alimentación de adultos mayores con demencia

4.1. Descripción de la plataforma robótica Eva . . . . .	43
4.2. Diseño y flujo de una sesión de comida asistida por el robot Eva . . . . .	45
4.3. Lenguajes y plataformas de desarrollo . . . . .	49
4.4. Detección de comida en la mesa . . . . .	50
4.5. ¿Está presente la persona? (Reconocimiento facial) . . . . .	51
4.6. Detección de la actividad de comer . . . . .	52
4.6.1. Pruebas de frecuencia en la extracción de marcos para la detección de la acción de comer . . . . .	53
4.6.2. Entrenamiento del modelo para la detección de la acción de comer . . . . .	54
4.6.3. Pruebas de clasificación del modelo . . . . .	56
4.6.4. Integración con el robot Eva . . . . .	59
4.7. Poner música para acompañar la comida . . . . .	61
4.8. Detectar si la persona se levantó . . . . .	61
4.9. Notificar al cuidador . . . . .	62
4.10. Detectar si la persona terminó de comer . . . . .	62
4.11. Evaluación preliminar de una sesión completa de alimentación realizada en el laboratorio . . . . .	64
4.12. Limitaciones en la implementación . . . . .	65

### Capítulo 5. Conclusiones y trabajo futuro

5.1. Conclusiones . . . . .	67
5.2. Contribuciones . . . . .	69
5.3. Trabajo Futuro . . . . .	69

### Literatura citada . . . . . 71

<b>Anexo</b> . . . . .	76
.1. Guión de entrevistas . . . . .	76
.2. Viñetas . . . . .	80
.3. Cuestionario de evaluación a stakeholders . . . . .	82
.4. Enlaces a videoclips . . . . .	91

## Lista de figuras

Figura	Página
1. Metodología . . . . .	5
2. Robot PARO interactuando con un adulto mayor con demencia . . . . .	10
3. Robot Brian 2.1 . . . . .	11
4. Ejemplo de una secuencia de interacciones extraída de (Glas et al., 2016). Los bloques azules muestran comportamientos, los bloques rosas muestran control de flujo y los bloques amarillos muestran subsecuencias . . . . .	16
5. Fragmento de notas recopiladas de las entrevistas . . . . .	20
6. Fragmento de etiquetas azul turquesa donde se agrupan notas relacionadas al monitoreo y algunos diálogos para estimular al adulto mayor en la alimentación . . . . .	21
7. Fragmento de etiquetas rosas que agrupan (1) etiquetas azul turquesa relacionadas a la atención durante la alimentación dependiendo la fase de deterioro y (2) etiquetas azul turquesa relacionadas al fomento de la alimentación independiente . . . . .	22
8. Fragmento de etiquetas verdes que agrupan acciones que realizan los cuidadores para mejorar la alimentación del adulto mayor con demencia . . . . .	22
9. Fotogramas de un video que muestra a la persona con demencia distrayéndose (a), luego levantándose de su lugar (b) y el robot convenciéndolo de que se siente y continúe comiendo (c). . . . .	29
10. Constructos elegidos del modelo Almere para la evaluación de las interacciones (extraídos de (Heerink et al., 2010) . . . . .	31
11. Pregunta desencadenante para reclutamiento de cuidadores informales . . . . .	31
12. Robot Eva 4.0 por dentro . . . . .	44
13. Robot Eva versión 4.0 en operación . . . . .	45
14. Diagrama de flujo sesión de comida parte 1 . . . . .	46
15. Diagrama de flujo sesión de comida parte 2 . . . . .	48
16. Arquitectura de software del robot Eva . . . . .	49
17. Ejemplo de detección de comida en la mesa . . . . .	51
18. Ejemplo de cara detectada por el algoritmo. . . . .	52
19. Ejemplo de fotografía etiquetada con la clase 'eating' . . . . .	55
20. Ejemplo de fotografía etiquetada con la clase 'noeating' . . . . .	55
21. Ejemplo de fotografía con posición inusual de las manos mientras se encuentra en reposo . . . . .	58
22. Ejemplo de fotografía distorsionada . . . . .	59
23. Marcadores ArUco de Open CV . . . . .	63

## Lista de tablas

Tabla	Página
1.	Participantes del estudio contextual . . . . . 20
2.	Categorías de las ideas de diseño . . . . . 23
3.	Ideas de diseño relevantes . . . . . 24
4.	Fragmentos de viñetas de interacción con el robot de asistencia durante la alimentación . . . . . 28
5.	Resultados de 14 cuidadores a las preguntas asociadas a los constructos del modelo de Almere (5 - Totalmente de acuerdo - 1 Totalmente en desacuerdo) . . . . . 33
6.	Resultados de la pregunta hecha en la evaluación a los cuidadores, relacionada a si la interacción reflejaba una situación real en los adultos mayores con demencia. . . . . 35
7.	Resultados de la pregunta hecha en la evaluación a los cuidadores, que se relaciona a la estrategia utilizada por el robot Eva en las interacciones . . . . . 36
8.	Resultados de 8 expertos en desarrollo de tecnología para la demencia a las preguntas asociadas a los constructos del modelo de Almere (5 - Totalmente de acuerdo - 1 Totalmente en desacuerdo) . . 38
9.	Resultados de la evaluación de los escenarios por parte de expertos en tecnología para la demencia, en cuanto a si la interacción refleja una situación real. . . . . 40
10.	Resultados de la evaluación de los escenarios propuestos, por parte de expertos en tecnologías para la demencia, en términos lo adecuado de la estrategia propuesta. . . . . 40
11.	Bocados capturados tomando 1 marco cada 2 segundos . . . . . 53
12.	Bocados capturados tomando 1 marco cada segundo . . . . . 54
13.	Prueba de clasificación de clase 'eating' con personas que están en el conjunto de datos de entrenamiento . . . . . 56
14.	Prueba de clasificación de clase 'no eating' con personas cuyas imágenes fueron incluidas en el conjunto de datos de entrenamiento . . . . . 57
15.	Prueba de clasificación de clase 'eating' con personas cuyas imágenes no fueron incluidas en el conjunto de datos de entrenamiento . . . . . 57
16.	Prueba de clasificación de clase 'no eating' con personas cuyas imágenes no fueron incluidas en el conjunto de datos de entrenamiento . . . . . 58
17.	Prueba de clasificación de clase 'eating' con datos obtenidos (marcos) directamente del robot Eva . . . . . 59

## Lista de tablas (continuación)

Tabla	Página
18. Prueba de clasificación de clase 'no eating' con imágenes capturadas directamente por el robot Eva . . . . .	59
19. Ejemplos de diálogos basados en las cucharadas detectadas . . . . .	60

# Capítulo 1. Introducción

---

## 1.1. Antecedentes

Los robots de asistencia social (RAS) son un campo relativamente nuevo de la robótica que se centra en el desarrollo de robots que tienen la capacidad de ayudar a los usuarios por medio de la interacción social en vez de la física (Feil-Seifer y Mataric, 2005). Así como un buen entrenador o maestro puede proporcionar motivación, orientación y apoyo sin hacer contacto físico, los robots de asistencia social intentan proporcionar las señales emocionales, cognitivas y sociales apropiadas para alentar el desarrollo, el aprendizaje o la terapia para un individuo (Feil-Seifer y Mataric, 2011).

Un robot de asistencia social debe comprender su entorno e interactuar con él, exhibir un comportamiento social, centrar su atención y comunicación en el usuario, mantener la interacción con el usuario y alcanzar objetivos específicos de asistencia. El robot debe hacer todo esto de manera ética, efectiva y segura para el usuario potencialmente vulnerable.

Las interacciones RAS varían en tipo y sofisticación (Feil-Seifer y Mataric, 2005). Los RAS están diseñados para ser usados en una amplia variedad de entornos, incluidos hospitales, escuelas, centros de atención para ancianos y hogares privados. Los usuarios finales previstos de dichos sistemas son personas con necesidades especiales (Bemelmans *et al.*, 2012).

Debido al envejecimiento de la población, existe una creciente necesidad de nuevas tecnologías que puedan ayudar a los adultos mayores en su vida diaria. Se espera que los países enfrenten una tremenda escasez de personal de salud calificado en el futuro cercano (Broekens *et al.*, 2009). Asimismo, los adultos mayores prefieren cada vez más vivir en sus propios hogares el mayor tiempo posible en lugar de ser institucionalizadas en estancias geriátricas cuando surgen problemas relacionados con el envejecimiento asociados con la pérdida de independencia. Por otro lado, la pandemia causada por Covid 19 ha provocado la reducción del acceso a las residencias geriátricas por parte de familiares y voluntarios, esto debido a que la población de estos centros puede ser vulnerable al virus. Para abordar estos problemas, no solo se necesita suficiente personal sanitario, sino también la presencia y el uso de dispositivos

de alta tecnología. Las Tecnologías de la información y la comunicación (TICS) y la robótica se están desarrollando rápidamente en la actualidad, lo que da como resultado productos que tienen el potencial de desempeñar un papel importante en la asistencia a los adultos mayores (Broekens *et al.*, 2009).

Algunas de las nuevas tecnologías que han surgido son los robots de asistencia que pueden ayudar con el cuidado de adultos mayores. La investigación de robots en el cuidado de adultos mayores se refiere a robots de asistencia que abarcan desde robótica de rehabilitación, así como robots sociales. El primer tipo de robots presenta tecnología de asistencia física que no es principalmente comunicativa y no debe ser percibida como una entidad social. Algunos ejemplos son las sillas de ruedas inteligentes, las extremidades artificiales y los exoesqueletos. El campo de la robótica social concierne a sistemas que pueden percibirse como entidades sociales que se comunican con el usuario (Broekens *et al.*, 2009).

Los adultos mayores con demencia frecuentemente exhiben problemas de comportamiento, como por ejemplo, deambular, las preguntas repetitivas, o negarse a comer o tirar la comida. Según algunos estudios (Aselage y Amella, 2010) este tipo de comportamientos puede afectar gravemente las relaciones interpersonales y puede dañar el ambiente social, particularmente con cuidadores informales, es decir, familiares y amigos.

Como ejemplo de robots de asistencia social en el manejo de comportamientos disruptivos de los adultos mayores con demencia, el robot Brian 2.1 (McColl *et al.*, 2013) fue desarrollado con el propósito principal de ayudar a que el adulto mayor con demencia realice la actividad esencial de alimentarse sin la intervención del cuidador, acompañando al adulto mayor con demencia durante la comida. Por otro lado PARO (Šabanović *et al.*, 2013) ha demostrado mejorar el estado de ánimo y disminuir el estrés en los adultos mayores con demencia en una residencia geriátrica.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El estado nutricional es una consideración importante para todos los profesionales de la salud. La alimentación puede comprometer el estado nutricional, lo cual es crítico para promover la calidad de vida y preservar la función básica del cuerpo humano

(DiMaria-Ghalili y Amella, 2005).

Los hábitos alimenticios pueden verse alterados por las condiciones que afectan la cognición. Cuando los patrones de la hora de comer cambian debido a enfermedades, cuidados o incluso cambios en el entorno de vida, la capacidad para comer o recibir ayuda para comer puede disminuir (Stockdell y Amella, 2008).

Existen varias formas de demencia. Todas las formas son de naturaleza progresiva y conducen a pérdidas funcionales. Estas pérdidas funcionales dan como resultado una incapacidad para manejar la mecánica de la alimentación y la pérdida del reconocimiento de la necesidad de comer. Los adultos mayores afectados desarrollan desnutrición o desnutrición por anorexia y pérdida de peso involuntaria (Manthorpe y Watson, 2003)

Muchos adultos mayores con demencia requieren asistencia para la alimentación en alguna etapa de la enfermedad (Chang y Roberts, 2008). Los comportamientos de alimentación disruptivos exhibidos en las etapas de demencia incluyen: resistirse a comer (alejar la cabeza mientras se alimenta, negarse a abrir la boca, negarse a tragar), usar los dedos en lugar de utensilios, escupir comida, derramar y dejar la boca abierta permitiendo que la comida salga (Watson y Deary, 1994), (Amella, 2004). Los adultos mayores con demencia también podrán requerir una supervisión más cercana, tal como ayuda física y pueden presentar disfagia o asfixia (Watson y Deary, 1997).

Para realizar una investigación sobre las dificultades a la hora de comer en la demencia, independientemente del entorno, se deben tener en cuenta factores más allá de las conductas alimentarias para incluir aspectos contextuales asociados a factores sociales, culturales y ambientales. La evaluación debe incluir cómo, cuándo, dónde y con quién se llevan a cabo las comidas, además de considerar los componentes nutricionales de los alimentos ofrecidos (Stockdell y Amella, 2008).

La interpretación de estos comportamientos por parte de los cuidadores es un elemento crítico de cómo se manejan las actitudes disruptivas a la hora de comer. Se utilizan diferentes enfoques para ayudar a corregir estas actitudes disruptivas, como por ejemplo: llevar la cuchara a los labios de la persona o dar indicaciones verbales que pueden resultar en una mayor ingesta oral (Barratt, 2004).

Actualmente, detener el avance de la demencia en adultos mayores se ha convertido en un foco principal de los investigadores. Es ahí donde los robots de asistencia social pueden tomar relevancia. Los robots de asistencia social se han aplicado para el apoyo del cuidado de los adultos mayores, existiendo diversos enfoques entre las propuestas, que van desde la realización de actividades diarias, la detección de algunos problemas que pueden ser críticos en adultos mayores, hasta robots que estimulan la comunicación social de los adultos mayores.

### **1.3. Preguntas de investigación**

Teniendo en cuenta el fenómeno que se quiere estudiar, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo se pueden utilizar los datos obtenidos de los sensores ambientales y localizados en el mismo robot para detectar comportamientos alimenticios disruptivos de adultos mayores con demencia?
- ¿Cuál es la manera más efectiva de realizar intervenciones basadas en el uso de robots de asistencia social para ayudar a mitigar conductas alimentarias disruptivas que presentan adultos mayores con demencia?

### **1.4. Objetivos**

Para responder las preguntas de investigación se plantean los siguientes objetivos

#### **1.4.1. Objetivo general**

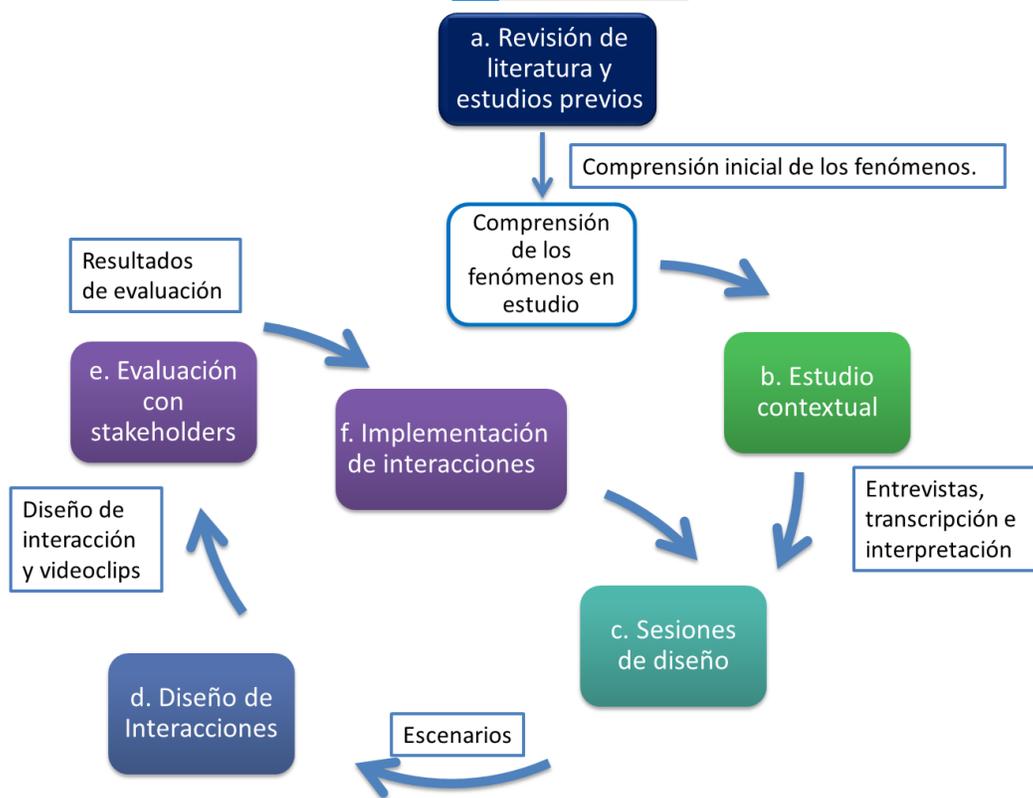
Diseñar y evaluar un RAS capaz de inferir comportamientos disruptivos que pueden presentar los adultos mayores con demencia al momento de alimentarse e implementar estrategias para mitigarlos.

### 1.4.2. Objetivos específicos

1. ·Proponer y evaluar mecanismos para detectar la manifestación de comportamientos alimenticios disruptivos utilizando datos de sensores ambientales y/o sensores del robot.
2. ·Desarrollar un prototipo de un robot de asistencia social que detecte comportamientos alimenticios disruptivos y que utilice estrategias verbales para mitigarlos.
3. Evaluar la precisión del robot en la detección de comportamientos alimenticios disruptivos.
4. ·Evaluar la intención de aceptación del RAS por parte de los cuidadores.

### 1.5. Metodología

La Figura 1 muestra la metodología centrada en el usuario seguida en este trabajo.



**Figura 1.** Metodología

La metodología para el desarrollo de esta tesis consta de 6 fases las cuales, 4 son iterativas y se describirán a continuación:

En la primera fase (a) se revisó la literatura en temas relacionados al fenómeno en estudio, es decir; cuales son los problemas de alimentación que pueden presentar los adultos con demencia y en como los cuidadores tratan de mitigarlos.

La segunda fase (b) constó de un estudio contextual, en el cual se realizaron 6 entrevistas a cuidadores formales de 2 estancias geriátricas, estas entrevistas se transcribieron y se interpretaron siguiendo la metodología Diseño Contextual Rápido Holtzblatt *et al.* (2004). En el Capítulo 3 se describe esta etapa del proceso.

Posteriormente en la tercera fase (C), se realizaron una serie de sesiones de diseño que tuvieron como principal producto la generación de ideas de diseño que sirvieron para generar escenarios basados en el contexto de nuestras entrevistas.

Con los escenarios generados, en la cuarta fase (d), se diseñaron una serie de interacciones basadas en el robot Eva (Cruz-Sandoval *et al.*, 2020), que posteriormente fueron grabadas en videos de corta duración que en la fase 5 (e), fueron evaluados por: cuidadores formales, expertos en tecnología para demencia y cuidadores informales. Finalmente en la ultima fase (f), se eligieron las interacciones mejor evaluadas y con mayor viabilidad para implementarse en forma de una sesión de comida completa.

Después de los resultados de las evaluaciones, las fases C, D, E y F se volvieron a iterar. Esto ayudo al rediseño de las interacciones del robot Eva.

## **1.6. Estructura de la tesis**

En el Capítulo 2 se presentan definiciones acerca de los robots sociales y robots de asistencia social, así como algunos ejemplos de estos últimos aplicados en escenarios relacionados a adultos mayores con demencia. Adicionalmente se describen algunos de los principales desafíos en la evaluación del funcionamiento del robot. Por otro lado se presentan las consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de diseñar las interacciones con el robot, algunos retos y posibles consideraciones a tener en cuenta al momento de diseñar interacciones donde el usuario es un adulto mayor con demencia.

En el Capítulo 3 se describe el estudio contextual que ayudó a entender el fenómeno en estudio, que incluye entrevistas, procesos para generar ideas de diseño y algunos escenarios de diseño que fueron desarrollados. Igualmente se presentan los resultados de la evaluación realizada con los cuidadores formales, cuidadores informales y adicionalmente con expertos en el desarrollo de tecnología para la demencia.

En el Capítulo 4 se presenta la plataforma robótica que se utilizó para la implementación de las interacciones, y se describe la implementación y evaluación de los distintos algoritmos de reconocimiento que se requirieron para llevar a cabo una sesión de comida de forma autónoma.

Finalmente, en el Capítulo 5 se presentan las conclusiones y contribuciones finales de este trabajo. Asimismo, se presentan recomendaciones de trabajo futuro en el área.

## Capítulo 2. Trabajo relacionado

---

En esta sección se presenta una breve introducción a los robots sociales, su origen e importancia, y se presentan las principales aplicaciones, principalmente robots de asistencia social (RAS) aplicados a ayudar a adultos mayores con demencia en distintos escenarios. Adicionalmente, se introduce el área de diseño de interacción en el campo de la interacción humano-robot, un campo relativamente nuevo que es central para este trabajo de tesis.

### 2.1. Robots sociales

Los robots sociales son robots autónomos o semiautónomos que tienen la capacidad de interactuar con los humanos, además deben de estar diseñados para operar de acuerdo con las normas sociales y culturales establecidas. Estos robots pueden ser capaces de reconocer la presencia de un ser humano a través de visión, sonido o tacto (si son autónomos). También pueden tener la capacidad de utilizar movimientos y gestos físicos para expresar y percibir emociones, y primordialmente deben de tener la capacidad de entablar una conversación mediante diálogos de alto nivel, así como la capacidad de exhibir una personalidad (Li *et al.*, 2011).

El término social en los robots sociales representa el hecho de que hay dos o más entidades interactuando dentro del mismo contexto. Los robots sociales se desarrollaron específicamente para la interacción social entre humanos y robots, la cual busca recrear una interacción similar a la que podrían tener dos o más humanos en un mismo contexto (Hegel *et al.*, 2009).

En el pasado, la investigación de los robots sociales se componía principalmente de la investigación de problemas algorítmicos con el fin de ampliar las capacidades de un robot para mejorar la comunicación con los seres humanos (Hegel *et al.*, 2009). En los años recientes, la tecnología se ha vuelto lo suficientemente robusta como para permitir cierta autonomía cuando los usuarios interactúan con robots sociales, han mejorado por ejemplo los sistemas de texto a voz (TTS, por sus siglas en inglés) y voz a texto (STT), así como los sistemas que se encargan de comprender el lenguaje natural. Esto, adicional a los problemas de envejecimiento global de la población han ocasionado que robots sociales como iRobot y Paro se utilicen para hacer investigación

en el área de Interacción Humano-Robot (HRI) (Leite *et al.*, 2013).

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

Feil-Seifer define (Feil-Seifer y Mataric, 2005) a los robots de asistencia social como la intersección entre los robots de asistencia que su principal objetivo es brindar asistencia a los usuarios humanos principalmente a través de medios físicos y los robots sociales que su principal objetivo es interactuar socialmente con los humanos para lograr un beneficio para la interacción en sí y no para el usuario. En contraste los robots de asistencia social buscan brindar asistencia por medio de la interacción social para lograr un progreso medible en convalecencia, rehabilitación y aprendizaje para el usuario.

Un robot de asistencia social (SAR) es un sistema que emplea estrategias de interacción, incluido el uso del habla, las expresiones faciales y los gestos comunicativos, para proporcionar asistencia de acuerdo con el contexto particular. Los robots de asistencia social se han utilizado en distintos contextos que incluyen robots que fueron desarrollados y probados para pacientes con demencia, niños con trastorno del espectro autista, así como adultos mayores con distintos padecimientos (Fasola y Mataric, 2012).

Los robots de asistencia social también ayudan a relajar y mejorar las tareas de los cuidadores, médicos, fisioterapeutas y enfermeros (Feil-Seifer y Mataric, 2005) es por eso que trabajan en conjunto con ellos para mejorar la terapia o rehabilitación del usuario. Por lo que no deberían de ser percibidos como un remplazo de los humanos, si no como algo que suma a favor del usuario.

### **2.2.1. Robots de asistencia social para adultos mayores con demencia**

En esta subsección se describen algunos robots de asistencia social que se han desarrollado principalmente para interactuar con adultos mayores con demencia.

PARO es un robot en forma de foca (véase Figura 2) y es el robot más utilizado a la fecha para estudios en adultos mayores con demencia. Se ha encontrado evidencia de que su uso permite mejorar el estado de ánimo (Yu *et al.*, 2015) y disminuir

el estrés con los residentes (Aminuddin *et al.*, 2016) y fomentar la comunicación de los residentes (Šabanović *et al.*, 2013). El robot está diseñado específicamente para propósitos de terapia. Cubre algunas de las necesidades del adulto mayor, incluyendo la atención por largos periodos, recibir atención, estimulación positiva emocional y social, y al mismo tiempo proporcionar tiempo libre a los cuidadores para realizar otras actividades (Šabanović *et al.*, 2013).



**Figura 2.** Robot PARO interactuando con un adulto mayor con demencia

Brian 2.1 (véase Figura 3) es un robot de asistencia social con forma humana, enfocado en detectar y ayudar a mitigar los comportamientos disruptivos que pueden tener los adultos mayores con demencia a la hora de la ingesta de alimentos. En este caso, el robot acompaña al adulto con demencia durante la comida y muestra distintas emociones dependiendo del comportamiento del paciente por ejemplo: mostrando tristeza si el anciano es indiferente a la comida, y motivándolo a comer sus alimentos a través de frases alentadoras, además de guiar al adulto en pasos para ingerir la comida (McColl *et al.*, 2013).



**Figura 3.** Robot Brian 2.1

Eva (Cruz-Sandoval y Favela, 2019) es un robot de asistencia social para adultos mayores con demencia, que principalmente realiza actividades basadas en comunicación verbal, como por ejemplo: invitar a la persona a que te hable más sobre algún recuerdo o completando dichos famosos. Este robot implementa intervenciones no farmacológicas como juegos cognitivos y musicoterapia y es capaz de reconocer el lenguaje natural para desencadenar una actividad o interacción, también puede comunicarse con el usuario a través del habla. Los resultados de la evaluación de Eva muestran que fue percibido como un agente autónomo que podría interactuar con fluidez. En otro estudio llevado a cabo con el mismo robot, los resultados mostraron que algunos síntomas relacionados a la demencia como: delirios, agitación / agresión y euforia / exaltación, muestran una disminución estadísticamente significativa después de la intervención con el robot, asimismo se muestra que todos los participantes exhiben efectos positivos a corto plazo después de la sesión (Cruz-Sandoval *et al.*, 2020).

En el trabajo desarrollado por (Kramer *et al.*, 2009), 2015) utilizaron un robot en forma de perro desarrollado por Sony, el cual lleva como nombre AIBO y fue utilizado para ayudar a estimular la interacción social de los residentes de una residencia para adultos mayores con demencia. Los resultados muestran que AIBO estimuló la interacción social más de lo que haría solo una persona sin compañía del robot. El éxito del perro robótico en la estimulación de la interacción social de los residentes con demencia sugiere que puede proporcionar una alternativa viable a las visitas de animales vivos.

JustoCat (Gustafsson *et al.*, 2015) es una mascota robótica interactiva desarrollada

utilizando la terapia de reminiscencia como base en su terapia. Los resultados muestran evidencia de una disminución en la agitación e incremento en la mejora de la calidad de vida para los adultos mayores con demencia cuando se utiliza el robot. También mostraron efectos positivos al proporcionar una mayor interacción, comunicación, estimulación, relajación, paz y comodidad.

### **2.2.2. Principales desafíos en la evaluación de los robots de asistencia social**

La evaluación de los robots de asistencia social presentan importantes desafíos. Usar un robot para una tarea de asistencia social puede tener varios beneficios en las distintas terapias que puede emplear y puede resultar complicado evaluar este beneficio. Muchas preguntas importantes surgen para comprender si un robot es realmente efectivo para el dominio de aplicación para el que se plantea. Los robots de asistencia social están orientados a objetivos, por lo que no se pueden evaluar como un robot diseñado completamente para el entretenimiento, en donde la evaluación se enfoca en si el usuario se está divirtiendo. Los robots de asistencia social deben evaluarse desde una perspectiva técnica, una perspectiva social y una perspectiva de asistencia. Asimismo, cada punto de evaluación debe enfocarse estrictamente en los usuarios y los cuidadores involucrados (Feil-Seifer *et al.*, 2007).

Con la pandemia de Covid 19, el reto de la evaluación de los robots de asistencia social se volvió aún más desafiante en general. Sin embargo cuando los usuarios se encuentran en grupos vulnerables al virus como lo pueden ser los adultos mayores con demencia, evaluar se puede volver aun más complicado. Es por eso que en la convocatoria para la principal conferencia en el área de HRI <sup>1</sup>, enfatizan que los estudios con usuarios frente a frente pueden no ser el método más apropiado para validar las interacciones del robot en la actualidad, esto debido a la misma pandemia. Igualmente sugieren evaluaciones basadas en videos como ejemplo de métodos alternativos.

---

<sup>1</sup><https://humanrobotinteraction.org/2021/full-papers/>

### 2.3. Diseño de interacción

Es importante diseñar tecnologías que garanticen que la interacción sea percibida por el usuario no solo como aceptable y segura, sino también como positiva. Al igual que con todos los sistemas interactivos, la experiencia de usuario positiva es necesaria para que los robots logren los beneficios previstos (Alenljung *et al.*, 2019).

Asegurar el éxito de los robots sociales en la interacción con las personas requerirá que los diseñadores y desarrolladores de interacción diseñen cuidadosamente los comportamientos de los robots que se integren a las normas sociales y las expectativas de las personas con las que interactuará el robot (Porfirio *et al.*, 2018).

Muchas aplicaciones de robots requieren interacciones frecuentes e íntimas con usuarios humanos principalmente a través de comunicación verbal en combinación con elementos no verbales. La interacción humano-robot es el componente tecnológico más importante para tales aplicaciones. Los dominios de aplicación pueden incluir atención de la salud cognitiva y emocional, orientación al cliente y educación (Jang *et al.*, 2015).

La interacción social humano-robot a largo plazo puede mejorarse enormemente mediante la comprensión de la interacción social humano-humano (Gockley *et al.*, 2005). Para ello se recomienda: (1) utilizar el saludo para que el robot se involucre con una persona o un grupo de personas y que se perciba fácil de utilizar, (2) proporcionar naturalidad en el diálogo utilizando variedad en los diálogos y (3) proporcionar un mecanismo para poner fin a la secuencia de interacciones que se base en las normas sociales humanas y dar un saludo de despedida cuando esto pase.

Los usuarios pueden identificarse mejor con un robot que muestre emociones (Kim *et al.*, 2009). En consecuencia, los desarrolladores de robots han optado por imitar emociones humanas como: asustado, enojado, disgustado, feliz, neutral, triste y sorprendido. Igualmente algunos diseños han incorporado comportamientos como: parpadeo, movimientos de la cabeza como elementos de comunicación no verbal (Fitter y Kuchenbecker, 2016). La implementación de acciones no verbales en aplicaciones orientadas a HRI es considerada una tarea esencial para promover las cualidades sociales de los robots (Jang *et al.*, 2015).

Expertos en tecnología para la rehabilitación incluyen advertencias para hacer que las interacciones no resulten a los usuarios muy demandantes mentalmente (difíciles para los adultos mayores con deterioro cognitivo como los adultos con demencia), visualmente (difíciles para adultos mayores con problemas de visión) o físicamente (difíciles para las personas con discapacidades motoras) (Fitter *et al.*, 2018).

La motivación es una herramienta fundamental para establecer la conexión con la terapia o escenario de tarea y para promover un cambio de comportamiento. La motivación puede verse afectada por factores externos. Los robots de asistencia social tienen la capacidad de afectar la motivación del usuario a través de comentarios verbales. El elogio, por ejemplo, se considera una forma de retroalimentación positiva y tiene el potencial de aumentar la motivación del usuario para realizar la tarea. Por otro lado la crítica, una forma de retroalimentación que se considera negativa, tiende a impactar negativamente en la motivación del usuario (Fasola y Mataric, 2012)

Es conveniente tratar de eliminar la repetitividad que se pueda percibir en las interacciones verbales del robot. Si el usuario percibe al robot como repetitivo y, por lo tanto, predecible, esto puede conducir a que el usuario perciba al robot como poco inteligente, y en consecuencia, reduzca su confianza en la utilidad del robot para motivar (Fasola y Mataric, 2012). Es por eso que se recomienda agregar variedad a las expresiones verbales al robot.

Los investigadores en interacción humano-robot han reconocido el hecho de que el diseño iterativo es necesario para optimizar los robots para la interacción con los usuarios (Lohse *et al.*, 2014). Por medio de las iteraciones se puede tomar en cuenta la retroalimentación que los usuarios proporcionan directa e indirectamente para hacer un posible rediseño de las interacciones, con la finalidad de que exista una mayor aceptación por el robot.

### **2.3.1. La personalización de la interacción**

Otra característica que puede influir en la experiencia positiva del usuario es la incorporación de información específica del usuario y comportamientos sociales que puedan contribuir a la base de una relación fuerte con el robot, tanto en HCI como en HRI (Fasola y Mataric, 2012), estos incluyen empatía, humor, referencias al conoci-

miento mutuo, conductas de continuidad, cortesía y confianza, entre otros (Bickmore y Picard, 2005).

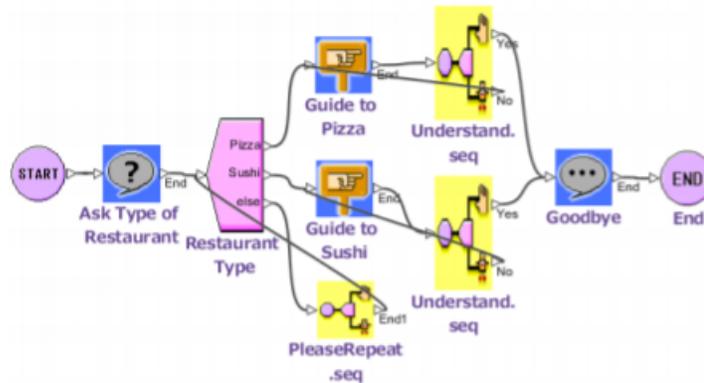
Agregar el nombre del usuario al diálogo de la interacción es una parte importante del diseño, no solo para agregar variabilidad, sino también por su efecto de construcción de relaciones (Bickmore y Picard, 2005). Que el robot se refiera al usuario por su nombre es una parte importante de la personalización de la interacción, además de proporcionar comentarios directos para la persona en cuestión (Fasola y Mataric, 2012).

Para establecer relaciones a largo plazo, los robots de asistencia social no solo deben identificar, sino también 'conocer' a las personas con las que interactúan frecuentemente. Si los robots de asistencia social pueden aprender sobre los intereses de una persona (como la música que les gusta o datos relevantes sobre su vida), personalizar las interacciones quizás haga que la experiencia humano-robot sea más placentera (Gockley *et al.*, 2005).

### **2.3.2. Retos en el diseño de interacción**

Diseñar una interacción humano-robot requiere experiencia en programación y familiaridad con las normas de comportamiento social. Los programadores expertos pueden tener dificultades para especificar la amplitud de las distintas normas sociales a las que debe incorporarse el robot, cómo estas normas interactúan entre sí y cómo el robot debe cambiar su comportamiento para adaptarse a diferentes contextos (Porfirio *et al.*, 2018). Si no se integra un comportamiento social óptimo en los robots, se pueden producir fallos en la interacción. Los expertos en comportamiento pueden no tener experiencia en programación (Mohan y Kuchenbecker, 2019). Es por eso que los lenguajes de programación visual (VPL) son cada vez más comunes en el mundo de la robótica. En parte, esto se debe a que las herramientas visuales hacen posible que los comportamientos de robots de alto nivel sean programados por expertos en la materia y no programadores (véase ejemplo en Figura 4). La importancia de los VPL para la robótica social se ha reconocido más recientemente como una consideración importante si los robots se van a utilizar en terapia, educación u otras aplicaciones (Glas *et al.*, 2016). Los VPL permiten a los expertos en diseño de interacción realizar sesiones de

Mago de Oz con relativa facilidad.



**Figura 4.** Ejemplo de una secuencia de interacciones extraída de (Glas et al., 2016). Los bloques azules muestran comportamientos, los bloques rosas muestran control de flujo y los bloques amarillos muestran subsecuencias

Los experimentos de Mago de Oz son experimentos en los cuales los usuarios interactúan con un robot que creen que es autónomo, pero que en realidad está siendo operado por un ser humano (Steinfeld *et al.*, 2009). Estos experimentos han sido ampliamente utilizados para desarrollar la interacción del usuario con los robots y para prototipar de forma iterativa los comportamientos de los robots. Tal configuración permite experimentar rápidamente con nuevos tipos de interacciones y determinar si son efectivas (Mohan y Kuchenbecker, 2019).

El cumplimiento de ciertas normas sociales también puede resultar en conflicto con otras normas. Por ejemplo en (Porfirio *et al.*, 2018) se presentan ejemplos de un robot que interactúa con un grupo de personas y podría estar diseñado para saludar a los recién llegados o despedirse de las personas que se van. Aunque saludar y despedirse son normas sociales importantes para la mayoría de las interacciones de robots sociales, el cumplimiento a estas normas puede provocar interrupciones en el flujo de la conversación en las interacciones grupales. Por lo que, los comportamientos de un robot deben de ser coordinados con cuidado para dar gestión a las distintas normas sociales.

Implementar comportamientos sociales en robots puede resultar complicado ya que con la necesidad de realizar comportamientos no verbales para promover la na-

turalidad de la aplicación como: alternar la dirección de la mirada, realizar gestos con las manos y expresar la emoción facial, todo al mismo tiempo de realizar la conversión texto a voz para que el robot mantenga un dialogo, puede requerir de una inversión importante de los recursos del robot (Jang *et al.*, 2015).

Los sistemas de reconocimiento de voz son parte esencial para llevar acabo la interacción humano-robot, no obstante estos sistemas tienen dificultades cuando hay ruidos ambientales. En (Gockley *et al.*, 2005) proponen utilizar el teclado como entrada para eliminar este problema, algo que podría no ser posible en la mayor parte de los robot de asistencia social, debido a que normalmente están diseñados para personas con alguna discapacidad.

### **2.3.3. Diseño de interacción en HRI para demencia**

Interactuar con los adultos con demencia puede resultar un reto mayor debido al deterioro cognitivo y en consecuencia la disminución gradual de la capacidad para comunicarse (Nazarko, 2015).

La Alzheimer's Association (Association *et al.*, 2016) y la Alzheimer's Society (Society, 2021) comparten guías que ayudan a los cuidadores a mantener una comunicación efectiva con las personas con demencia. En estas guías se comparten consejos para la interacción humano-humano, sin embargo algunas de estas estrategias pueden ser tomadas en cuenta para el diseño de la interacción humano-robot.

Se enfatiza en que la persona debe de escuchar atentamente lo que dice la persona con demencia, por ejemplo: asintiendo la cabeza y estableciendo contacto visual para darle al adulto mayor una percepción de 'escucha activa' (Association *et al.*, 2016). En este caso los diferentes grados de libertad de la cabeza que pueden incluir los robot sociales puede ayudar para darle la sensacion al adulto mayor con demencia que esta siendo escuchado.

Asimismo, sugieren que se les debe de dar suficiente tiempo a los adultos mayores con demencia para responder , ya que el deterioro cognitivo puede llevar más tiempo para que procesen información y elaboren su respuesta (Association *et al.*, 2016). Esto tiene que ser tomado en cuenta a la hora de diseñar interacciones del robot que

esperen una respuesta por parte del usuario. También comentan que interrumpir a la persona puede romper el patrón de comunicación.

La interacción verbal tiene que realizarse en un lugar donde la persona pueda verlo y escucharlo con la mayor claridad posible, como por ejemplo; en frente de ella y con la cara bien iluminada (Society, 2021). Usualmente los robots sociales se posicionan frente a la persona, lo que ayuda a cumplir con este punto.

A la hora de comunicarse con el adulto mayor con demencia se tienen que utilizar frases cortas y sencillas (Society, 2021), de esto se habló anteriormente en este capítulo, las interacciones no tienen que resultar a los usuarios difíciles de entender (Fitter *et al.*, 2018).

Si la persona con demencia no entiende lo que estás tratando de decir, incluso después de que lo repitas, intenta decirlo de una manera diferente (Society, 2021). Es por eso la necesidad de tener variantes del mismo dialogo, que por otra parte también puede ayudar a eliminar la percepción de repetitividad del robot social (Fasola y Mataric, 2012).

El humor puede ayudar a aliviar la tensión y acercarlos más (Association *et al.*, 2016). En este punto los robots sociales pueden tener la capacidad de integrar el sentido del humor por medio de chistes y otras estrategias.

Los adultos mayores con demencia presentan distintas necesidades insatisfechas, más comúnmente dolor e incomodidad, necesidad de contacto, apoyo social y necesidad de estimulación que alivie el aburrimiento. La interacción social y la comunicación interactiva se reconocen como estrategias útiles para mantener las habilidades de las personas con discapacidad y mejorar su calidad de vida. Este tipo de interacción se basa principalmente en la comunicación verbal (Cohen-Mansfield, 2013).

## Capítulo 3. Diseño y evaluación del RAS

---

Para la realización de este trabajo se utilizó la metodología Diseño Contextual Rápido (Holtzblatt *et al.*, 2004), que sigue la filosofía de un diseño centrado en el usuario. Esta metodología se divide en tres fases: (1) estudio contextual en el cual se explora el espacio del problema y (2) sesiones de diseño, en las que se diseña una solución al problema basado en la información adquirida en la fase anterior y con base en las ideas de diseño, en la fase ultima fase (3) se genera un prototipo.

En este capítulo se describe el desarrollo de las 3 fases y la evaluación del prototipo por parte de cuidadores formales, informales y expertos en el desarrollo de tecnología para la demencia.

### 3.1. Estudio contextual

Para diseñar un producto que ayude a satisfacer las necesidades reales de los usuarios, los diseñadores deben de comprender el contexto para el cual se encuentran diseñando. Sin embargo, los diseñadores no suelen estar familiarizados con la experiencia en el trabajo que realizan los usuarios y es erróneo que los diseñadores confíen sólo en su instinto para diseñar. Debido a que generalmente los diseñadores son más tolerantes con la tecnología que los usuarios promedio, no son representativos de los usuarios finales (Holtzblatt *et al.*, 2004).

Con el objetivo de obtener información para entender el fenómeno en estudio, en (Holtzblatt *et al.*, 2004) recomiendan realizar de 4 a 12 entrevistas ajustando la cifra dependiendo en el cronograma del proyecto.

#### 3.1.1. Entrevistas

Para adquirir información necesaria para el proceso de diseño, se realizaron 6 entrevistas semi-estructuradas en línea (T = 40-60 minutos) a cuidadores formales de dos centros geriátricos: (1) Centro de Terapia y Rehabilitación Dorita de Ojeda, el cual es un centro de día que su principal objetivo es brindar a adultos mayores con demencia, una mejor calidad de vida, por medio de actividades y apoyo al cuidador informal

y (2) SerenaCenter Rosarito, una estancia que ofrece todos los cuidados geriátricos necesarios para que el adulto mayor con demencia tenga una vida favorable.

Los tópicos principales de la entrevista, fueron: los principales problemas que presentan los adultos mayores con demencia en la alimentación y las estrategias que utilizan los cuidadores para mitigarlos. El guión de la entrevista se encuentra en el Anexo 1.

### 3.1.1.1. Participantes

Todos los participantes estaban involucrados en tareas asociadas con la alimentación del adulto mayor en su respectivo centro geriátrico. La Tabla 1 muestra algunos datos relevantes de los participantes.

**Tabla 1.** Participantes del estudio contextual

<b>Género</b>	<b>Experiencia</b>	<b>Lugar de trabajo</b>	<b>Profesión</b>
Masculino	7 años	Dorita Ojeda	Lic. en Psicología
Masculino	5 años	Dorita Ojeda	Lic. en Psicología
Femenino	1 año	Dorita Ojeda	Lic. en Nutrición
Femenino	13 años	Dorita Ojeda	Lic. en Rehabilitación Física
Femenino	20 años	SERENA	Lic. en Enfermería
Femenino	6 años	SERENA	Lic. en Enfermería

### 3.1.2. Transcripción y análisis

Las entrevistas fueron grabadas y posteriormente transcritas para su análisis. Este análisis se realizó mediante 5 sesiones colaborativas de interpretación en línea entre dos o más personas para identificar los temas emergentes (véase Figura 5).

<b>Entrevista 1 (P1)</b>	<b>Entrevista 2 (P2)</b>	<b>Entrevista 3 (P3)</b>
P1: Algunos AM por deterioro visual pueden no ver la comida o no percibirla como apetitosa	P2: Se fomenta que el adulto coma sin ayuda si puede hacerlo	P3: Los AM pueden aumentar su apetito causado por ansiedad
P1: Los AM se dividen por fases en mesas durante la comida (inicial, intermedia, avanzada)	P2: Algún comportamiento alimenticio disruptivo puede indicar que el AM quiere llamar la atención. En estos	P3: Se reproduce musica tranquila a la hora de la comida

**Figura 5.** Fragmento de notas recopiladas de las entrevistas

Posteriormente, debido a la pandemia de Covid 19 y a la incapacidad de hacer las sesiones de forma presencial, se realizaron sesiones en línea utilizando hojas de cálculo compartidas (Google Sheets) para agrupar los temas emergentes en un diagrama de afinidad, creando las etiquetas azul turquesa (véase Figura 6) las cuales reúnen un conjunto coherente de notas que representan una distinción temática. En total de generaron 56 etiquetas de color azul.

<p>Es importante estimular al AM mediante el dialogo a la hora de la comida con frases como: "abre la boca", "mastica", "traga", "Ven a comer coningo" "Mira que rica comida"</p>	<p>P1: Es importante estimular a los AM durante la alimentación con recordatorios</p>	<p>P2: Acciones de asistencia incluyen estimular al AM, motivarlo verbalmente</p>	<p>P1: Es muy importante estimular mediante el diálogo</p>	<p>P3: Algunas veces el AM ocupa estimulación verbal a la hora de comer</p>
<p>Los cuidadores monitorean a los AM a la hora de alimentarse para intervenir cuando sea necesario (verbal o físicamente)</p>	<p>P2: Ejemplos de eventos a monitorear; El AM come muy rápido; el AM deja de comer.</p>	<p>P2: Monitorean la alimentación para intervenir cuando sea necesario</p>	<p>P1: Los AM en fase inicial solo requieren un poco de monitoreo</p>	<p>P1: Los cuidadores actuan como monitores durante la alimentación (1 para grupo inicial, 1 para intermedio, 3 para el avanzado)</p>

**Figura 6.** Fragmento de etiquetas azul turquesa donde se agrupan notas relacionadas al monitoreo y algunos diálogos para estimular al adulto mayor en la alimentación

Posteriormente se crearon las etiquetas rosas (véase Figura 7). Estas recopilan un conjunto de etiquetas azul turquesa con un tema común. Las etiquetas rosadas abstraen los datos a otro nivel y caracterizan las etiquetas azul turquesa debajo de ellas. En total se generaron 15 etiquetas rosadas.

En la fase inicial la alimentación es muy independiente, requiere poco monitoreo	En la fase intermedia los AM suelen necesitar algo de asistencia	Los AM se agrupan por fase de deterioro para comer (inicial, intermedia y avanzada)	En el centro se personaliza la atención a la hora de comer dependiendo de las necesidades del AM		A los AM se les fomenta para que se alimenten de manera independiente	En ocasiones los familiares alimentan directamente al AM tal vez por empatía o falta de tiempo, lo que puede favorecer al deterioro y fomenta la dependencia
		La atención durante la alimentación depende de la fase de deterioro			Se fomenta la alimentación independiente en el centro	

**Figura 7.** Fragmento de etiquetas rosas que agrupan (1) etiquetas azul turquesa relacionadas a la atención durante la alimentación dependiendo la fase de deterioro y (2) etiquetas azul turquesa relacionadas al fomento de la alimentación independiente

Por último, se crearon las etiquetas verdes (véase Figura 8), que corresponden al nivel más alto de etiqueta de afinidad y resumen las etiquetas rosas debajo de ellos. Cada etiqueta verde denota una gran parte de la historia del usuario. En total se generaron 4 etiquetas verdes.

La atención durante la alimentación depende de la fase de deterioro	Al AM se le debe de dar suficiente tiempo y tenerle paciencia al momento de alimentarse	Si el AM se niega a comer, o esta irritable, se busca hacer algunos cambios	Se fomenta la alimentación independiente en el centro	A algunos AM de fases avanzadas se les estimula para que muevan la boca o se les alimenta directamente	Es importante estimular al AM mediante el dialogo a la hora de la alimentación, por su nombre o como le gusta que lo llamen
		Acciones de los cuidadores para mejorar la alimentación del AM			

**Figura 8.** Fragmento de etiquetas verdes que agrupan acciones que realizan los cuidadores para mejorar la alimentación del adulto mayor con demencia

La información capturada y agrupada sirvió como referencia para guiar las sesiones de diseño.

### 3.2. Sesiones de Diseño

Después de explorar y entender el contexto del problema, se realizaron dos sesiones de diseño con un grupo interdisciplinario de participantes, para derivar ideas y escenarios de diseño. En estas sesiones participaron cuatro personas, con experiencia en: interacción humano-robot (1), interacción humano-computadora (1), ingeniería de software (1) y psicología (1). Debido a la pandemia, las sesiones de diseño se llevaron a cabo mediante videoconferencia y utilizando documentos compartidos a través de la plataforma GoogleDocs.

En cada sesión se realizó la siguiente dinámica:

1. Se recorrió el diagrama de afinidad para que todos los participantes tuvieran un contexto compartido
2. Se realizó una lluvia de ideas para generar ideas de diseño
3. Se catalogaron las ideas de diseño
4. Se pidió a los participantes que las clasificaran por prioridad

#### 3.2.1. Ideas de diseño

Las ideas de diseño que surgieron como producto en las 2 sesiones de diseño realizadas, fueron catalogadas en 3 distintas categorías (Véase Tabla 2). De las ideas de diseño que surgieron en las sesiones de diseño, se pidió a los participantes que las clasificaran por prioridad del 1 al 5.

**Tabla 2.** Categorías de las ideas de diseño

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Personalización	En esta categoría se agrupan las ideas que tengan relación con la personalización que debe de tener el robot al interactuar con cada adulto mayor con demencia
Monitoreo	En esta categoría se agrupan las ideas de diseño que estén relacionadas con el monitoreo de conductas alimentarias disruptivas del adulto mayor con demencia
Intervención	En esta categoría se agrupan las ideas que tengan relación con las intervenciones que el robot debe realizar con el fin de estimular al adulto mayor con demencia en su alimentación

Algunas de las ideas de diseño con mayor puntuación se muestran en la Tabla 3. De estas ideas surgieron una serie de escenarios que se describen a continuación.

**Tabla 3.** Ideas de diseño relevantes

<b>Idea de diseño</b>	<b>Tipo</b>	<b>Prioridad</b>
Terapia previa para estimular la buena alimentación	Intervención	5
El robot debe transmitir tranquilidad y paciencia (trato "humano")	Intervención	5
Detectar si la persona deja de comer (se levanta, voltea a otro lado, se duerme) y motivarlo a seguir comiendo	Monitoreo	5
Detectar distracciones (se para) del AM para que el robot con dialogo lo motive a seguir comiendo	Monitoreo	5
Que el robot conozca el menú para que el robot sea más explícito en la charla; "que rica su sopa de cebolla Sra. Carmen, que tanto te gusta"	Personalización	5
El robot conozca gustos de la persona (música, alimentos, forma de hablarle)	Personalización	5

### 3.2.2. Escenarios

Los escenarios estuvieron inspirados en los problemas que el adulto mayor con demencia puede presentar al momento de alimentarse y en las ideas de diseño que fueron propuestas y catalogas en alta prioridad. Para implementar los escenarios se decidió utilizar la plataforma robótica Eva v4.0<sup>1</sup>, desarrollada en CICESE.

A continuación se muestran dos de los escenarios propuestos:

#### **Escenario 1. Robot Eva para monitorear y motivar al adulto mayor en la alimentación**

*Juan* es un adulto de 84 años que hace 6 años comenzó a presentar síntomas de demencia. Presenta un deterioro cognitivo que está asociado a una fase media de demencia. Juan asiste a un centro de día donde recibe algunas terapias físicas y mentales que le ayudan a mejorar su calidad de vida. Aún es independiente para realizar sus actividades de vida diaria como alimentarse, sin embargo es muy susceptible a distraerse por diferentes sucesos que puedan ocurrir mientras se alimenta, como por

<sup>1</sup><https://eva-social-robot.github.io/>

ejemplo, al ver entrar a una persona al lugar donde está, escuchar algún ruido o con la decoración de los manteles que en ocasiones se utilizan en casa. Juan suele también levantarse de su lugar mientras se alimenta. Los cuidadores normalmente cuando observan que estas cosas suceden, intervienen con algún diálogo que le ayude a retomar la atención en la comida. El robot Eva detecta cuando Juan está distraído o se levanta de su lugar para intervenir con algún diálogo que le ayude a retomar su alimentación, similar a lo que hacen los cuidadores en el centro de día, con frases como: "Juan, vamos a comer, mira que ricos camarones", "Juan hay que comer estos ricos camarones que te gustan", "Juan, siéntate a comer estos ricos camarones".

### **Escenario 2. Robot Eva como apoyo a la alimentación en casa**

*Isabel* es una mujer de 90 años que fue diagnosticada con demencia hace 4 años. Vive con una de sus hijas y por el día asiste a un centro para adultos mayores con demencia. Disfruta de las actividades organizadas en el centro de día que la ayudan a mantenerse activa física, social y cognitivamente. En particular, le gusta comer allí, la música y las conversaciones después de las comidas. Sin embargo, tiene más dificultades para comer en casa. Se distrae y se pone ansiosa cuando su hija la presiona para que termine su comida. Esto la vuelve torpe y a menudo deja caer la comida, lo que enfurece a su hija, que termina dándole de comer. Los cuidadores de la residencia señalan los lunes que después de un par de días sin acudir al centro de día Isabel es menos independiente durante las comidas, pero la animan a comer sola. Finalmente, recomiendan a su hija que use el robot Eva, el cual puede estimular verbalmente al adulto mayor con frases como: " Isabel, vamos a comer, mira que rico caldo de pollo", " Isabel, siéntate a comer este rico caldo de pollo", "Mira Isabel, vamos a comer juntos", las cuales utilizan los cuidadores comúnmente en el centro de día para motivar al adulto mayor a que se alimente por sí mismo y se enfoque en su comida.

#### **3.2.3. Sesión de diseño adicional con expertos en tecnología para la demencia**

En busca de retroalimentación para mejorar especialmente las interacciones del robot Eva, en la segunda iteración de este trabajo, se realizó una sesión de diseño con los expertos en tecnología que participaron en la evaluación del prototipo. La sesión

se llevó a cabo por la plataforma de conferencia Zoom. En esta sesión primeramente se dio una breve introducción sobre el trabajo, se les explicó la metodología que se había siguiendo para generar los escenarios y se mostró el flujo propuesto de una sesión de comida completa (ver capítulo 4) para un adulto mayor con demencia.

Posteriormente se les plantearon 6 preguntas relacionadas a la interacción del robot Eva con el adulto mayor con demencia. Las respuestas a estas preguntas, se comentaran a continuación. También cabe señalar que estas preguntas fueron contestadas en una hoja de cálculo compartida para facilitar la lluvia de ideas.

La primera pregunta que se realizó fue: '¿Tiene alguna pregunta sobre la funcionalidad de Eva y las intervenciones que apoya para ayudar a los adultos mayores con demencia y a los cuidadores durante las comidas?'

En una de las respuestas preguntaban que si la forma en la que el robot Eva elegía la frase a decir era de forma aleatoria y ciertamente es así, Eva utiliza la plataforma de comprensión del lenguaje natural llamada DialogFlow, la cual elige una respuesta aleatoria previamente agregada en el modelo, esto basado en la intención que detecta.

La segunda pregunta fue: '¿Cuáles son algunas de las principales barreras que prevé para la adopción de un robot social como Eva para ayudar a abordar las conductas alimentarias disruptivas?'

Los expertos comentaron que el robot Eva posiblemente pueda distraer al adulto mayor durante la comida en lugar de estimularlo a que se alimente y por segunda ocasión (la primera fue en el cuestionario) comentaron que es posible que a algunas personas con demencia no les guste que un robot les diga qué hacer durante las comidas, algo que ayudó para cambiar algunos diálogos que podrían ser percibidos como una orden en lugar de una sugerencia. Igualmente comentaron que si la persona esta en un nivel de demencia muy avanzado, es posible que no pueda interactuar de una forma adecuada con el robot Eva.

La tercera pregunta fue: '¿Qué cambiaría / agregaría a las características físicas o de comportamiento del robot para hacerlo más atractivo para las personas con demencia?'

Algunas sugerencias fueron hacer más grande el robot Eva y con mayor contraste

para los adultos mayores con demencia que tienen problemas de visión, hacerlo más accesible para los adultos mayores con demencia que tienen problemas auditivos, por ejemplo: comunicación modal con voz y texto.

La cuarta pregunta fue: '¿Qué esperaría de un robot social que podría actuar como un compañero de comida para usted (no para una persona con discapacidad o un cuidador)?'

Un participante comentó que sería interesante que el robot recomendara videos y música a reproducir durante la comida. Algo parecido se había planteado en las ideas de diseño, la cual no fue de las mejores votadas, pero debido a este comentario podría ser reconsiderada para la siguiente iteración.

La quinta pregunta fue: '¿Qué información sobre la persona con demencia o el contexto sería útil para personalizar la interacción (además del nombre, la hora de las comidas, la música favorita, el nivel de retroalimentación, la comida actual)?'

Una de las ideas interesantes que se propuso, fue la de utilizar la voz del cuidador informal en las interacciones (algo parecido se plantea en (Moharana *et al.*, 2019)), en cuanto a la implementación no luce tan complicado, pero se tendría que evaluar como reaccionaria el adulto mayor con demencia, ya que lo puede confundir que se utilice la misma voz, o incluso busque al cuidador en la habitación y se pueda confundir aún más.

Por último, se pidió a los participantes que sugirieran qué HACER y NO HACER cuando el robot Eva se comunique con la persona con demencia.

Respondieron que se debe de respetar la autonomía de la persona y no se le debe de decir que hacer, si no que tenemos que utilizar diálogos en forma de sugerencia. Igualmente se comentó que nunca se debe de hacer sentir mal a la persona con demencia cuando esta haciendo algo mal ni tampoco preguntarle si recuerda algo porque si no lo recuerda, esto podría desanimarlo.

### 3.3. Prototipo

El prototipo es un buen predictor del rendimiento final del usuario con la aplicación final (McCurdy *et al.*, 2006). Dado el corto tiempo que es necesario para desarrollar prototipos de interacciones utilizando Mago de Oz, se optó por utilizar este método.

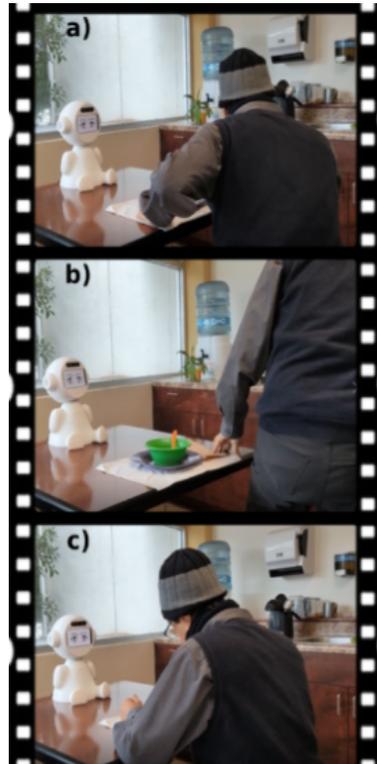
Existe una larga tradición en el uso de interacciones grabadas en video con robots en estudios de HRI como un enfoque conveniente para incluir más sujetos y tener más control en la intervención Woods *et al.* (2006). Con la herramienta que permite realizar sesiones Mago de Oz en el robot Eva y apoyándose en las viñetas que se presentan en la siguiente subsección, se grabaron 8 videoclips que sirvieron para la posterior evaluación del prototipo.

#### 3.3.1. Viñetas y videoclips

A partir de los escenarios se derivaron 9 viñetas de interacciones breves que muestran situaciones alimentarias desafiantes y cómo el robot puede abordarlas. Algunas de ellas se muestran en la Tabla 4. Las restantes se encuentran en el Anexo 2.

**Tabla 4.** Fragmentos de viñetas de interacción con el robot de asistencia durante la alimentación

<b>Nombre</b>	<b>Interacción</b>
El robot sugiere que música escuchar mientras el adulto mayor con demencia come	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eva detecta que le han servido la comida a Roberto, quien empieza a comer</li> <li>2. Al pasar unos minutos, el robot le pregunta a Roberto: "Roberto, ¿Te gustaría escuchar música de los panchos mientras comes?"</li> <li>3. Roberto responde: "Si, me gusta esa canción"</li> <li>4. El robot reproduce "Sabor a mí - Los panchos"</li> </ol>
El Adulto mayor con demencia se distrae y se levanta de la mesa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Roberto se ve distraído, mira a la derecha y se levanta de la mesa en esa dirección</li> <li>2. El robot detecta que Roberto se aleja de su asiento y dice: "Roberto mira que rica comida, siéntate otra vez para que comas"</li> <li>3. Roberto voltea a ver al robot y regresa a sentarse</li> <li>4. Eva sigue motivando, "Roberto, tu birria se mira muy rica, deberías terminar de comer"</li> </ol>



**Figura 9.** Fotogramas de un video que muestra a la persona con demencia distrayéndose (a), luego levantándose de su lugar (b) y el robot convenciéndolo de que se siente y continúe comiendo (c).

Posteriormente se grabaron 8 videoclips cortos (Véase Anexo 4) con duración promedio de 41 s, que representan 8 de estas 9 viñetas, siendo 1 descartado por posible percepción de repetitividad.

Algunas de las situaciones que se muestran en los videos incluyen: Entretener a la persona con demencia mientras la comida está lista; Conversar con los adultos mayores con demencia para aumentar su apetito; Notificar a un miembro de la familia que la comida está fría o que la persona con demencia necesita ayuda; y convencer al adulto mayor con demencia que continúe comiendo después de un momento de distracción (Véase Figura 9)

### 3.4. Evaluación

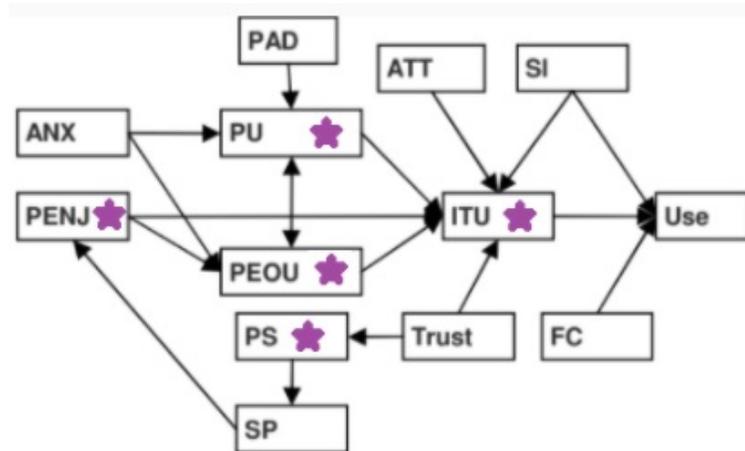
Las experiencias positivas de los usuarios sustentan la proliferación de robots sociales en la sociedad (Weiss *et al.*, 2009), por lo tanto, la experiencia del usuario de los robots sociales debe ser un tema central de preocupación. Esto destaca claramente la importancia de evaluar la calidad de la interacción (Alenljung *et al.*, 2019)

El plan original de evaluación de las interacciones diseñadas consistía en realizar la evaluación en la estancia de día para adultos mayores con demencia "Dorita Ojeda", ubicada en Ciudad Obregón, Sonora. Sin embargo debido a la pandemia de Covid 19 la estancia dejó de funcionar por algunos meses y posteriormente regresaron progresivamente a actividades con visitas muy restringidas. Por ello se decidió evaluar las interacciones diseñadas a través de "proxys" de las personas con demencia. En este enfoque los cuidadores se encargan de dar sus interpretaciones de las experiencias que podrían tener las personas especiales para las cuales se está desarrollando la tecnología (Spiel *et al.*, 2017).

En este caso, se decidió evaluar principalmente utilizando cuidadores informales, pero también se cuenta con un par de cuidadores formales y expertos en tecnología para la demencia.

Se diseñó una encuesta en línea en la que se muestran ocho de los videos que se grabaron anteriormente para que los participantes en la evaluación calificaran si la situación mostrada es realista y la estrategia utilizada por el robot les parecía adecuada. Además, se les pidió completar un cuestionario con 14 preguntas del Modelo de Almere, que ayuda a comprender cómo los usuarios de edad avanzada aceptan agentes sociales asistenciales. (Heerink *et al.*, 2010). Para responder a estas últimas preguntas se pide a los cuidadores que trataran de responder desde la perspectiva del adulto mayor con demencia.

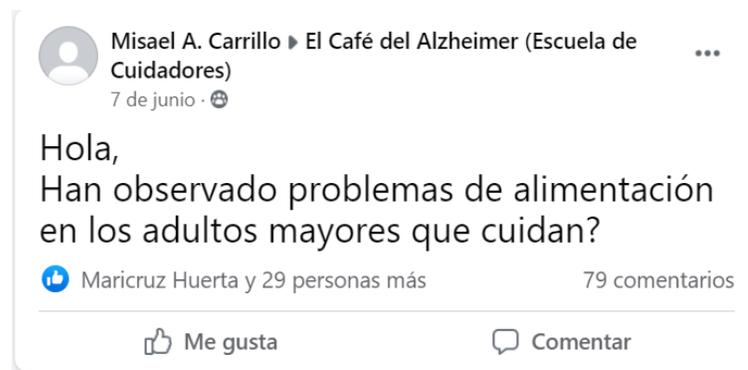
El modelo Almere permite valorar la aceptación de agentes sociales a través de una serie de constructos y sus relaciones como se muestra en la Figura 10. Para este trabajo se evaluaron los constructos de Disfrute Percibido (PENJ), por sus siglas en inglés; Facilidad de uso percibida (PEOU); Utilidad Percibida (PU); Sociabilidad percibida (PS). Otros constructos, como Influencia Social (SI) no se consideraron relevantes para este estudio. Las preguntas utilizadas del modelo fueron realizadas en línea a través de un cuestionario de Google Forms que incluye una breve introducción al robot Eva y una breve descripción de las características relevantes de la persona que aparecía en los videos, como el hecho de que está diagnosticado con demencia moderada. El formulario se encuentra en el Anexo 3.



**Figura 10.** Constructos elegidos del modelo Almere para la evaluación de las interacciones (extraídos de (Heerink et al., 2010) .

Para reclutar cuidadores informales para esta evaluación, se recurrió a un grupo de Facebook en donde sus miembros son cuidadores mayormente informales. En este grupo llamado 'El café del Alzheimer' se comparten experiencias relacionadas al cuidado de los adultos mayores con demencia que principalmente contaban con un lazo familiar con ellos.

Debido a que las reglas del grupo impedían publicar formularios o encuestas, se decidió realizar publicaciones con preguntas desencadenantes (Véase Figura 11) relacionadas a la alimentación del adulto mayor con demencia. Una vez que alguna persona comentaba la publicación, se le preguntaba si se le podía contactar por mensaje privado para invitarlo a participar en un estudio.



**Figura 11.** Pregunta desencadenante para reclutamiento de cuidadores informales

Con este método se reclutaron 12 cuidadores informales, cuya edad varia de entre

los 30 y 70 años de edad, de los cuales 7 han estado a cargo de alguna persona con demencia entre 5 y 10 años. Los 5 restantes han sido cuidadores por entre 1 y 5 años.

Los 2 cuidadores formales que ayudaron a la evaluación se reclutaron del centro "Dorita Ojeda". Estos cuidadores participaron en las entrevistas iniciales que se realizaron en las etapas iniciales del diseño.

Para la evaluación con expertos en desarrollo de tecnología para la demencia, se contactó a 8 personas que trabajan en el desarrollo y evaluación de tecnología para la demencia. De los participantes, 5 pertenecen al Healthcare Robotics Lab ubicado en la Universidad de California en San Diego (UCSD), y 3 personas más provenientes del Instituto Politécnico Nacional (CITEDI/IPN), Tecnológico Nacional de México Campus Tijuana y Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

Se aplicó el mismo cuestionario de Google Forms que a los cuidadores, con algunas ligeras variantes como el idioma (fue traducido al inglés al igual que los subtítulos de los videoclips), igualmente se eliminaron algunas preguntas demográficas.

De los reclutados, 3 de ellos cuentan con entre 3-5 años de experiencia desarrollando este tipo de tecnología y los 5 restantes cuentan con entre 0-2 años.

En las siguientes subsecciones se presentan los resultados de la evaluación con cuidadores y de una evaluación adicional realizada con expertos en tecnología para la demencia.

#### **3.4.1. Resultados de la intención de aceptación del RAS por parte de los cuidadores**

Como se explicó en la introducción a la sección, se utilizó a los cuidadores como 'proxys' de los adultos mayores con demencia para evaluar las interacciones del robot Eva. Para esto, se decidió utilizar específicamente 2 constructos del modelo Almere (Heerink *et al.*, 2010). El primero es el constructo de disfrute percibido, por sus siglas en inglés: 'PENJ', este constructo evalúa los sentimientos de alegría / placer asociados con el uso del sistema y el segundo es el de sociabilidad percibida 'PS' que evalúa

la capacidad percibida del sistema para realizar un comportamiento sociable (Véase Tabla 5).

Para evaluar desde la perspectiva del cuidador, se utilizaron principalmente 2 constructos del modelo Almere, el primero de ellos es el de utilidad percibida ('PU'), este constructo evalúa el grado en el que una persona cree que el sistema sería asistencial y el de facilidad de uso percibida ('PEOU'), que evalúa el grado en que el usuario cree que usar el sistema sería libre de esfuerzo. Por último, se utilizó el constructo de intención de uso ('ITU') del cual solo fue válido aplicar 1 pregunta de las 3 que lo conforman. A diferencia de los otros constructos, en este no fue posible aplicar pruebas estadísticas para medir la fiabilidad. A continuación se muestran los resultados de la prueba estadística Cronbach's Alpha, que ayuda a medir la fiabilidad de los constructos: 'PENJ', 'PS', 'PU' y 'PEOU' y por último se discuten los resultados de 2 de las 7 hipótesis que se plantean en el modelo Almere y que fueron posibles de probar con los constructos que obtuvieron una buena fiabilidad.

**Tabla 5.** Resultados de 14 cuidadores a las preguntas asociadas a los constructos del modelo de Almere (5 - Totalmente de acuerdo - 1 Totalmente en desacuerdo)

<b>Constructo</b>	<b>Perspectiva</b>	<b>Media (M)</b>	<b>Desviación Estándar (s)</b>
1. Perceived Enjoyment (PENJ)	Adulto con demencia	3.8	1.08
2. Perceived Sociability (PS)	Adulto con demencia	3.5	0.98
3. Perceived Usefulness (PU)	Cuidador	3.6	1.30
4. Perceived Ease of Use (PEOU)	Cuidador	3.9	0.88
5. Intention to Use (ITU)	Cuidador	3.5	1.34

Un constructo sólido tendría que tener al menos 0.7 en su resultado alpha de la prueba Cronbach (Nunnally y Bernstein, 1978). El constructo de disfrute percibido 'PENJ' obtuvo ( $\alpha = .75$ ), el de sociabilidad percibida 'PS' obtuvo ( $\alpha = .86$ ), el de percepción de utilidad 'PU' obtuvo ( $\alpha = .901$ ) y por último el constructo de facilidad de uso percibida 'PEOU' obtuvo ( $\alpha = .81$ ). Esto significa que todos los constructos son válidos para las pruebas de hipótesis que se mencionan a continuación (a excepción de 'ITU' que ya se había descartado).

### **H1: La utilidad percibida está determinada por la facilidad de uso percibida**

### **H2: El disfrute percibido está determinado por la sociabilidad percibida**

Debido a que no se cuenta con los suficientes datos para aplicar un análisis de regresión, se realizó una prueba estadística Pearson con la finalidad de explorar las correlaciones que se plantean en las hipótesis.

Para H1, hubo una correlación de Pearson positiva = 0.43, lo cual demuestra que los constructos 'PU' y 'PEOU' muestran estar correlacionados, aunque dicha correlación es moderada.

Para H2, hubo una correlación de Pearson casi nula de -0.005. Contrario a lo que indica el modelo Almere, las respuestas en este caso indican que no hay correlación entre los constructos de 'PENJ' y 'PS', es decir, 'PS' no predice 'PENJ'. Esto puede deberse a que sobre todo desde la perspectiva de los cuidadores que contestaron la encuesta, el robot tiene un rol más utilitario que de entretenimiento. Está pensado para ayudar al adulto mayor con demencia a concentrarse en la comida y no en socializar con el usuario o hacer la sesión divertida. Para explorar más esta hipótesis, se podría plantear una entrevista con los encuestados.

### **3.4.2. Resultados de las preguntas adicionales realizadas a cuidadores formales e informales de adultos mayores con demencia**

En las Tablas 6 y 7 se muestran los resultados de las dos preguntas que se hicieron para cada interacción relacionadas con la fiabilidad de la situación planteada en la interacción y la estrategia usada por el robot en la interacción. Un promedio mayor a 3 se puede considerar como bueno, siendo la escala: 1 = Totalmente en desacuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo.

Como se puede observar, en la Interacción 1, los datos muestran que no es una interacción muy realista ( $M = 2.8$ ), sin embargo la estrategia de interacción utilizada por el robot se encuentra en  $M = 3.5$ , por lo que se podría considerar como buena. La baja puntuación en la situación real se puede deber a que en esta interacción el robot Eva tiene una interacción con el adulto mayor con demencia donde espera una respuesta

de él en distintas ocasiones, por lo que algunos cuidadores comentan que el adulto mayor con demencia podría no tener la capacidad de contestar de una forma 'correcta', como por ejemplo llamando 'Eva' al robot. Esto podría suceder especialmente en los adultos con un grado de demencia avanzado. Esto es algo que confirma nuestra idea de que el diseño está pensado para adultos mayores con demencia moderada o leve.

**Tabla 6.** Resultados de la pregunta hecha en la evaluación a los cuidadores, relacionada a si la interacción reflejaba una situación real en los adultos mayores con demencia.

<b>¿La interacción refleja una situación real en la alimentación de un adulto mayor con demencia?</b>		
<b>Interacciones</b>	<b>Media (M)</b>	<b>Desviación Estándar (s)</b>
Interacción 1: Bienvenida e inicio de comida	2.8	1.05
Interacción 2: Al Adulto Mayor no le gusta la comida porque está fría	3.5	1.08
Interacción 3: El Adulto Mayor se distrae y se levanta de la mesa	3.6	1.27
Interacción 4: El robot sugiere que música escuchar mientras come	3.7	0.99
Interacción 5: El robot controla la música del Adulto Mayor mientras come	3.5	1.28
Interacción 6: El robot acompaña al Adulto Mayor mientras se alimenta en casa	3.4	1.22
Interacción 7: El robot proporciona una conversación previa para estimular el apetito	3.9	0.99
Interacción 8: El robot sirve como mediador por ejemplo cuando la persona quiere comer mucha comida no saludable	3.8	1.16

En la Interacción 2 en la cual se plantea que el adulto mayor con demencia no quiere su comida porque se encuentra fría, en la primera pregunta el resultado es:  $M = 3.5$ , lo que significa que es una interacción que refleja una situación real que se puede presentar al momento de la alimentación. Igualmente los cuidadores creen que la estrategia que utilizó Eva al momento de la interacción es la correcta ( $M = 3.7$ ). Uno de los informantes que calificó como poco realista la interacción, indicó que puede que a la persona le cueste trabajo expresar que su comida está fría, algo que va relacionado también al nivel de demencia que presenta el adulto mayor.

**Tabla 7.** Resultados de la pregunta hecha en la evaluación a los cuidadores, que se relaciona a la estrategia utilizada por el robot Eva en las interacciones

<b>¿La estrategia usada por el robot para afrontar la situación es adecuada?</b>		
<b>Interacciones</b>	<b>Media (M)</b>	<b>Desviación Estándar (s)</b>
Interacción 1: Bienvenida e inicio de comida	3.5	1.09
Interacción 2: Al Adulto Mayor no le gusta la comida porque está fría	3.7	0.89
Interacción 3: El Adulto Mayor se distrae y se levanta de la mesa	3.7	0.90
Interacción 4: El robot sugiere que música escuchar mientras come	3.7	0.59
Interacción 5: El robot controla la música del Adulto Mayor mientras come	3.2	1.20
Interacción 6: El robot acompaña al Adulto Mayor mientras se alimenta en casa	3.7	1.13
Interacción 7: El robot proporciona una conversación previa para estimular el apetito	4.2	0.80
Interacción 8: El robot sirve como mediador por ejemplo cuando la persona quiere comer mucha comida no saludable	4.2	0.83

En la Interacción 3 se plantea que el robot Eva detecta que la persona con demencia se distrae y se levanta de la mesa. Los resultados muestran que los informantes consideran que es una situación que suele ser real ( $M = 3.6$ ) e igualmente la estrategia utilizada por el robot fue evaluada favorablemente ( $M = 3.7$ ). Un cuidador recomendó notificar al cuidador si el adulto mayor con demencia no se vuelve a sentar después del diálogo del robot Eva.

La música a la hora de comer se ha convertido en una poderosa herramienta para los cuidadores del adulto mayor con demencia. Tal es el caso de (Goddaer y Abraham, 1994) en donde utilizaron música relajante para amortiguar el nivel de ruido general del comedor de un hogar de ancianos, lo que resultó en agitación reducida entre los residentes. La música creaba un efecto de ruido blanco que bloqueaba los sonidos indeseables (Thomas y Smith, 2009). El beneficio va más allá de bloquear sonidos. La música puede generar sentimientos positivos entre los residentes. Estudios han reportado sobre la capacidad de la música para llegar a las áreas no afectadas del cerebro de un tipo de demencia llamado Alzheimer (Thomas y Smith, 2009). Por otro lado, en el estudio contextual realizado en este trabajo, la música fue una de las principales herramientas de los cuidadores para fomentar la buena alimentación.

Es por eso que en nuestras interacciones se cuenta con dos relacionadas a la música. La primera es la Interacción 4, en la cual el robot Eva sugiere al adulto mayor una canción para escuchar mientras ingiere sus alimentos. Como se muestra en la Tabla 6 la mayoría de los cuidadores están de acuerdo que podría reflejar una situación real ( $M = 3.7$ ). Igualmente la estrategia utilizada por el robot Eva fue evaluada favorablemente ( $M = 3.7$ ). Sin embargo dos cuidadores comentaron que tal vez la persona con demencia no podría contestar la pregunta que le hacía el robot acerca de la música, por lo que sería más conveniente colocar la música sin preguntarle que canción le gustaría escuchar.

En la Interacción 5, también relacionada a la música, se muestra en la Tabla 7 que la estrategia utilizada por el robot es buena por un pequeño margen ( $M = 3.2$ ). Sin embargo puede reflejar una escena de la vida real ( $M = 3.5$ ). Basado en los comentarios de algunos cuidadores, puede no resultar favorable que el robot imponga cosas, como en este caso que cambie el tipo de música si el adulto mayor con demencia comienza a cantar; también puede ser considerado como un castigo.

La Interacción 6 cuenta con una evaluación favorable en cuanto a si es una situación real ( $M = 3.4$ ) e igualmente la estrategia utilizada por el robot Eva en esta situación se evaluó como buena ( $M = 3.7$ ). Esta interacción fue evaluada favorablemente por los cuidadores formales que participaron y principalmente se debe a que en las entrevistas ellos comentaban que los cuidadores informales a menudo no tienen suficiente tiempo para esperar a que el adulto mayor se alimente por si solo, por lo que optan por alimentarlos ellos mismos, lo que puede favorecer el deterioro cognitivo.

Con la finalidad de estimular el apetito, en la Interacción 7 se plantea que el robot Eva proporcione una conversación previa a la sesión de comida, donde realice diálogos relacionados a la comida que se ingerirá en esa sesión. Esta interacción cuenta una evaluación favorable,  $M = 3.9$  en cuanto a si la interacción refleja una situación real y  $M = 4.2$  en cuanto a la estrategia utilizada por el robot Eva.

La última interacción a evaluar fue la Interacción 8, en la cual el robot Eva funciona como mediador por ejemplo cuando el adulto mayor con demencia quiere comer mucha comida no saludable. La interacción cuenta con una valoración favorable,  $M = 3.8$  en cuanto a si refleja una situación de la vida real y  $M = 4.2$  en la estrategia utilizada.

### 3.4.3. Resultados de la intención de aceptación del RAS por parte los expertos en desarrollo de tecnología para la demencia

Más que una validación, esta evaluación (Véase Tabla 8) funcionó como un disparador para la discusión, por lo que se decidió no realizar las pruebas de fiabilidad de los constructos ni las pruebas de las hipótesis planteadas en el modelo Almere. En general los constructos tuvieron una evaluación más favorable que con los cuidadores.

**Tabla 8.** Resultados de 8 expertos en desarrollo de tecnología para la demencia a las preguntas asociadas a los constructos del modelo de Almere (5 - Totalmente de acuerdo - 1 Totalmente en desacuerdo)

<b>Constructo</b>	<b>Perspectiva</b>	<b>Media (M)</b>	<b>Desviación Estándar (s)</b>
1. Perceived Enjoyment (PENJ)	Adulto con demencia	3.8	0.31
2. Perceived Sociability (PS)	Adulto con demencia	3.9	1.01
3. Perceived Usefulness (PU)	Cuidador	4.3	0.46
4. Perceived Ease of Use (PEOU)	Cuidador	4.2	0.79
5. Intention to Use (ITU)	Cuidador	4.1	0.99

Adicionalmente a las preguntas del modelo Almere, se les preguntó abiertamente si conocían otras situaciones que no se hubieran presentado anteriormente en las que un robot como Eva pueda ser útil. Algunas de las respuestas fueron por ejemplo: 'Si es un adulto mayor, se olvida de cómo usar la cuchara, tenedor, etc.' y 'Un escenario en el que el adulto mayor arroja accidentalmente comida o un vaso y Eva necesita notificarlo'. Estos escenarios podrían considerarse como propuesta para las próximas iteraciones de diseño para su posterior implementación.

Por último, se les preguntó si el costo de tener un robot como Eva no fue un problema, ¿qué otros factores crees que podrían dificultar el uso del robot en el cuidado de adultos mayores con demencia?

En esta pregunta hubo preocupación en cuanto a los problemas que pueda tener el adulto con demencia como: sordera y ceguera, los cuales pueden dificultar la interacción con el robot. Asimismo mostraron sus preocupaciones de que pasaría si el adulto

con demencia quiere agarrar el robot y pueda dañarlo.

#### **3.4.4. Resultados de las preguntas adicionales realizadas a expertos en desarrollo de tecnología para la demencia**

En general, los resultados de esta evaluación resultaron más favorables que la evaluación con los cuidadores. A continuación se hace referencia a algunos de los resultados de la Tabla 9 y 10, que evalúan si el escenario refleja una situación real y si la estrategia que utiliza el robot es la adecuada e igualmente se mencionan algunos de los comentarios que colocaron en las interacciones.

En la Interacción 2 ( $M = 3.8$  en las dos preguntas) sugirieron que para mejorar la interacción, el robot Eva debería de mostrar en su pantalla alguna señal para darle a entender al adulto mayor con demencia que ya se le notificó al cuidador (en este caso su hijo); e igualmente otra persona sugirió que se le debería de dar la opción al adulto mayor con demencia de no notificar a su hijo si él no lo desea.

en la Interacción 3 ( $M = 3.9$  y  $M = 3.4$ ) algunas personas piensan que el diálogo es un poco 'excesivo' y que el robot debería de utilizar diálogos más amables. Incluso ellos mismos sugirieron algunos como: '¿Le gustaría sentarse y terminar la comida?' y 'Esta comida se ve muy bien. ¿Por qué no te sientas y la terminas?'. Estos diálogos fueron agregados en diseño y posteriormente en la implementación. Anteriormente los cuidadores habían comentado impresiones similares.

**Tabla 9.** Resultados de la evaluación de los escenarios por parte de expertos en tecnología para la demencia, en cuanto a si la interacción refleja una situación real.

<b>¿La interacción refleja una situación real en la alimentación de un adulto mayor con demencia?</b>		
<b>Interacciones</b>	<b>Media (M)</b>	<b>Desviación Estándar (s)</b>
Interacción 1: Bienvenida e inicio de comida	3.1	1.12
Interacción 2: Al Adulto Mayor no le gusta la comida porque está fría	3.8	0.64
Interacción 3: El Adulto Mayor se distrae y se levanta de la mesa	3.9	0.99
Interacción 4: El robot sugiere que música escuchar mientras come	4	0.75
Interacción 5: El robot controla la música del Adulto Mayor mientras come	3.7	0.88
Interacción 6: El robot acompaña al Adulto Mayor mientras se alimenta en casa	4.1	0.64
Interacción 7: El robot proporciona una conversación previa para estimular el apetito	4.1	0.83
Escenario 8: El robot sirve como mediador por ejemplo cuando la persona quiere comer mucha comida no saludable	4	1.19

**Tabla 10.** Resultados de la evaluación de los escenarios propuestos, por parte de expertos en tecnologías para la demencia, en términos lo adecuado de la estrategia propuesta.

<b>¿La estrategia usada por el robot para afrontar la situación es adecuada?</b>		
<b>Interacciones</b>	<b>Media (M)</b>	<b>Desviación Estándar (s)</b>
Interacción 1: Bienvenida e inicio de comida	3.5	0.53
Interacción 2: Al Adulto Mayor no le gusta la comida porque está fría	3.8	0.99
Interacción 3: El Adulto Mayor se distrae y se levanta de la mesa	3.4	1.06
Interacción 4: El robot sugiere que música escuchar mientras come	4.1	0.83
Interacción 5: El robot controla la música del Adulto Mayor mientras come	3.2	1.03
Interacción 6: El robot acompaña al Adulto Mayor mientras se alimenta en casa	3.6	1.06
Interacción 7: El robot proporciona una conversación previa para estimular el apetito	3.9	1.12
Interacción 8: El robot sirve como mediador por ejemplo cuando la persona quiere comer mucha comida no saludable	4	0.92

En la Interacción 5 ( $M = 3.7$  y  $M = 3.2$ ) algunos expertos en tecnología piensan que la estrategia utilizada por el robot Eva no es la adecuada, ya que opinan que podría quitar la alegría y autonomía del adulto mayor con demencia, a la vez que este podría

reaccionar mal a este tipo de cambio de música que lo consideran impositivo.

En la Interacción 6 ( $M = 4.1$  y  $M = 3.6$ ), al igual que en las entrevistas iniciales, los expertos en tecnología piensan que los cuidadores informales pueden no tener el suficiente tiempo para estar en toda la sesión de comida del adulto mayor con demencia.

En la Interacción 8 ( $M = 4$  en las dos preguntas) algunos participantes comentan que los adultos mayores podrían ser 'tercos' y la estrategia de redirección que se utiliza en la conversación podría no funcionar, de forma opuesta también se comenta que las estrategias de redirección pueden ser efectivas.

### **3.5. Decisiones de diseño pre-implementación**

En esta subsección se discutirán las decisiones que se llevaron a cabo con el fin de integrar las interacciones elegidas para integrar una sesión de comida completa, que funcione de forma autónoma.

A pesar de la baja puntuación en una de las preguntas adicionales al modelo Almere por parte de los cuidadores, la Interacción 1 se modificó para que se sintiera más como un saludo y presentación de Eva ante el adulto mayor con demencia, esto ante la necesidad de que el robot cree un vínculo con el usuario, como se mencionó en el Capítulo 2.

La Interacción 2, no obstante a su buena evaluación, se decidió no implementarse en primera instancia debido a que en el diálogo donde el robot Eva pregunta al adulto mayor que si por que no esta comiendo, las respuestas por parte del adulto mayor con demencia podrían ser muy variadas y no solo que su comida se encuentra fría, por lo tanto seria complicado que Eva identifique que hacer si el adulto mayor le da otro motivo por el cual no esta comiendo.

La Interacción 3 estuvo bien evaluada por lo que decidió implementar, esto también debido a que en las entrevistas los cuidadores formales comentaron que es un problema que suele ser recurrente.

En la Interacción 4 se realizó un modificación sugerida por los cuidadores formales,

la cual es no preguntar cual canción quiere porque puede que el adulto no pueda contestar esa pregunta y en cambio se optó por reproducir la playlist con canciones que se sabe son conocidas por el adulto mayor. Esta interacción se decidió implementar.

La Interacción 5 fue una de las peores evaluadas debido a que quita abruptamente la música al adulto mayor con demencia, lo que puede resultar en una mala escena según los cuidadores y los expertos en el desarrollo de tecnología para demencia, por lo que se decidió no implementarla.

La Interacción 6 se decidió implementar ya que los cuidadores formales comentaron en las entrevistas que es común que los cuidadores informales no tengan el tiempo suficiente para acompañar a los adultos mayores con demencia durante toda la comida y optan por alimentarlo ellos mismos, lo que puede generar un mayor deterioro.

La Interacción 7 se decidió implementar debido a que fue la mejor evaluada por los cuidadores.

Debido a la dificultad técnica que puede conllevar que el robot Eva detecte autónomamente el momento en el cual es necesario actuar como mediador, se decidió no implementar la Interacción 8 en primera instancia.

El siguiente capítulo describe el diseño de una sesión de alimentación asistida por el robot, así como las estrategias utilizadas para detectar eventos de interés y su evaluación. ´

## Capítulo 4. Robot de asistencia a la alimentación de adultos mayores con demencia

---

Para implementar las interacciones que integran una sesión completa de comida que resultaron del trabajo de diseño descrito en el Capítulo 3, se decidió utilizar el robot conversacional Eva como plataforma de desarrollo (Cruz-Sandoval y Favela, 2017, 2019). Eva es un robot conversacional que incluye características como procesamiento del lenguaje natural y síntesis básica de emociones y habla. Eva puede trabajar en dos modos, autónomo y operado. En el modo autónomo, Eva procesa los enunciados de los usuarios para generar una respuesta verbal, acciones (p. Ej., reproducir música, representar una emoción) o ambas. En el modo operado, se utiliza una aplicación web remota para controlar el comportamiento del robot y desencadena habilidades predefinidas (por ejemplo, contar chistes, completar dichos populares).

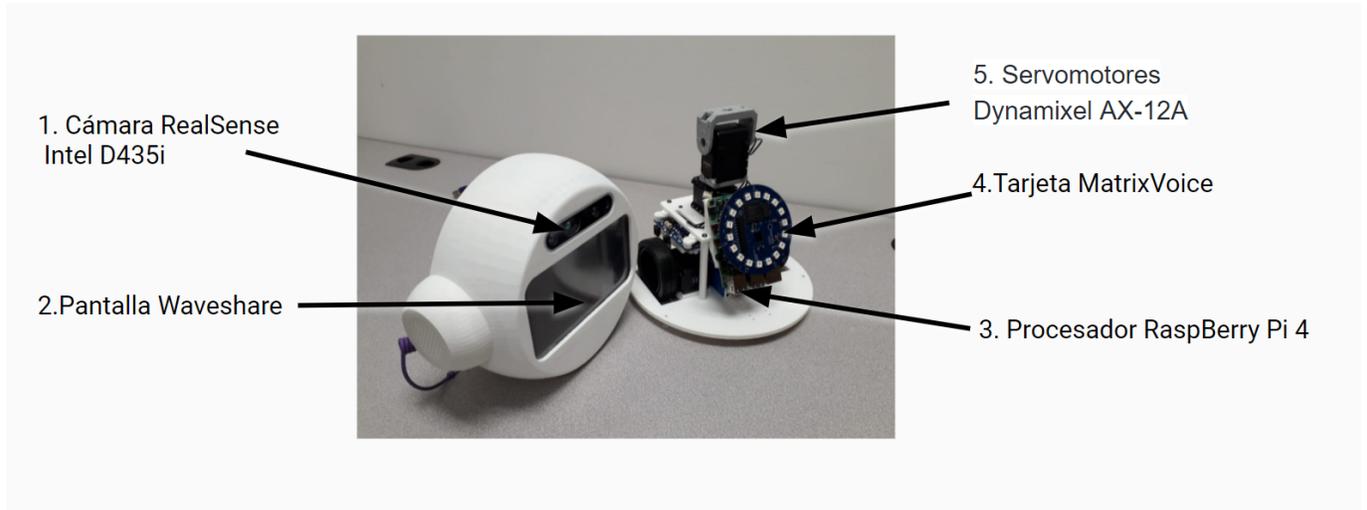
En este capítulo se describe brevemente la versión de la plataforma Eva que se decidió utilizar (Versión 4.0 Eva con cámara). Se describe tanto el hardware utilizado para construir el robot como el software que se desarrolló. También se describirán las implementaciones de algunas técnicas de monitoreo que fueron necesarias realizar para que el robot Eva funcione de forma autónoma en una sesión completa de alimentación. Esta constituye una aportación a la plataforma Eva, particularmente en el uso de la cámara para detectar comportamiento que activa reacciones por parte del robot.

### 4.1. Descripción de la plataforma robótica Eva

Se construyó una versión del robot Eva siguiendo las especificaciones publicadas en <sup>1</sup>. Para ello se imprimió la carcasa usando una impresora 3D y se integraron los siguientes componentes (ver Figura 12): Procesador Raspberry Pi 4, cámara RealSense Intel D435i, Tarjeta de audio MatrixVoice, Servomotores Dynamixel AX-12A y pantalla Waveshare de 5 pulgadas.

---

<sup>1</sup><https://eva-social-robot.github.io/>

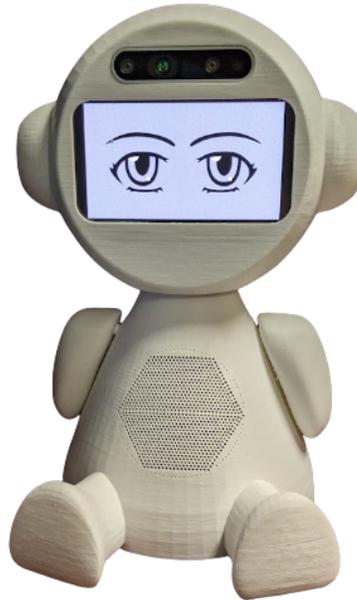


**Figura 12.** Robot Eva 4.0 por dentro

La placa RaspBerry Pi 4 esta a cargo del sistema de procesamiento de Eva, aquí se ensamblan todos los componentes anteriormente mencionados para el funcionamiento del robot.

El robot Eva v4.0 incluye una cámara de profundidad Intel D435i que se puede utilizar para reconocer al usuario y algunos comportamientos, como si está comiendo o se levanta de la mesa. Se utiliza un arreglo de micrófonos (MatrixVoice) que permite capturar la voz y otros sonidos relevantes e incluye un anillo de LED que se utiliza para transmitir movimiento e indicar que el robot está escuchando o hablando. Con los motores Dynamixel AX-12A, Eva consigue dos grados de libertad, lo que le permite realizar movimientos de la cabeza hacia arriba y hacia abajo y girar, otorgando al robot más expresividad. Finalmente, se utiliza una pantalla Waveshare para mostrar una expresión facial, que denota estados como atención, alegría, etc. Esta pantalla también puede ser utilizada para mostrar al usuario imágenes, vídeos o animaciones.

En la Figura 13 se muestra una foto del Robot Eva listo para interactuar.



**Figura 13.** Robot Eva versión 4.0 en operación

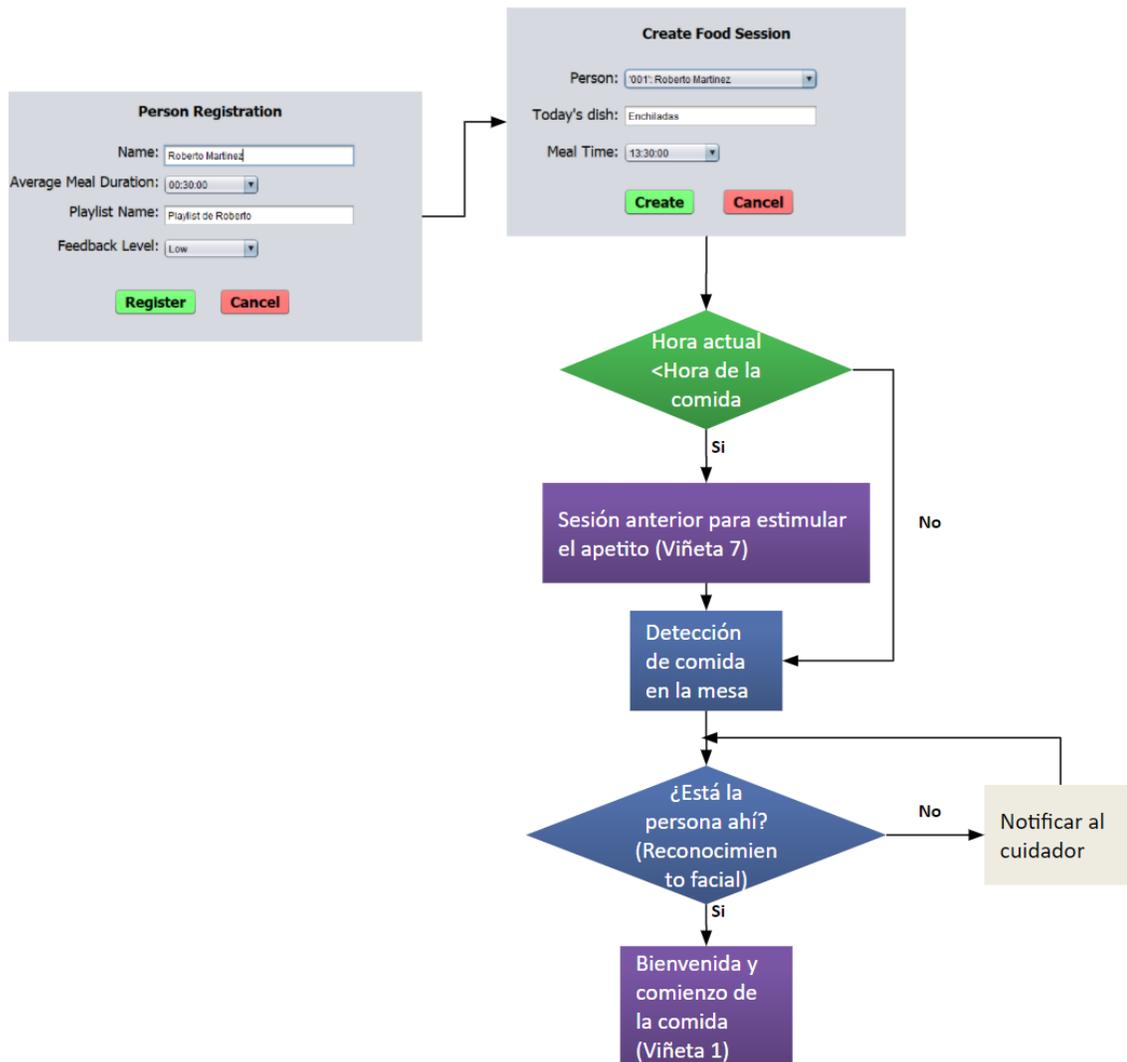
#### **4.2. Diseño y flujo de una sesión de comida asistida por el robot Eva**

En esta subsección se describe el proceso completo que lleva a cabo el robot Eva para asistir en una sesión de comida de inicio a fin. Esta sesión de comida completa está basada en la integración de los escenarios propuestos en el Capítulo 3 para ser implementados.

Como se muestra en la Figura 14, el primer paso para iniciar una sesión de comida para una persona por primera vez, requiere hacer una petición HTTP POST de registro de la persona en el servidor, esta debe de contener el nombre de la persona, un aproximado de cuanto dura la persona realizando una sesión completa de comida. Esto se utiliza más adelante para inicializar el algoritmo para detectar si la persona ya terminó de comer. Esta información puede eventualmente calcularse del registro de varias comidas con la misma persona, incluyendo información sobre el tipo de alimento que consume.

Asimismo, se solicita como parámetro el nombre de la Playlist de la persona en el

servicio de música en streaming Spotify y el nivel de retroalimentación, es decir que tanto se desea que el robot interactúe con la persona, pudiendo ser bajo/medio/alto. Esto considerando que hay adultos mayores con demencia que podrían preferir una conversación frecuente y otros que probablemente preferirían no ser interrumpidos constantemente durante la comida.



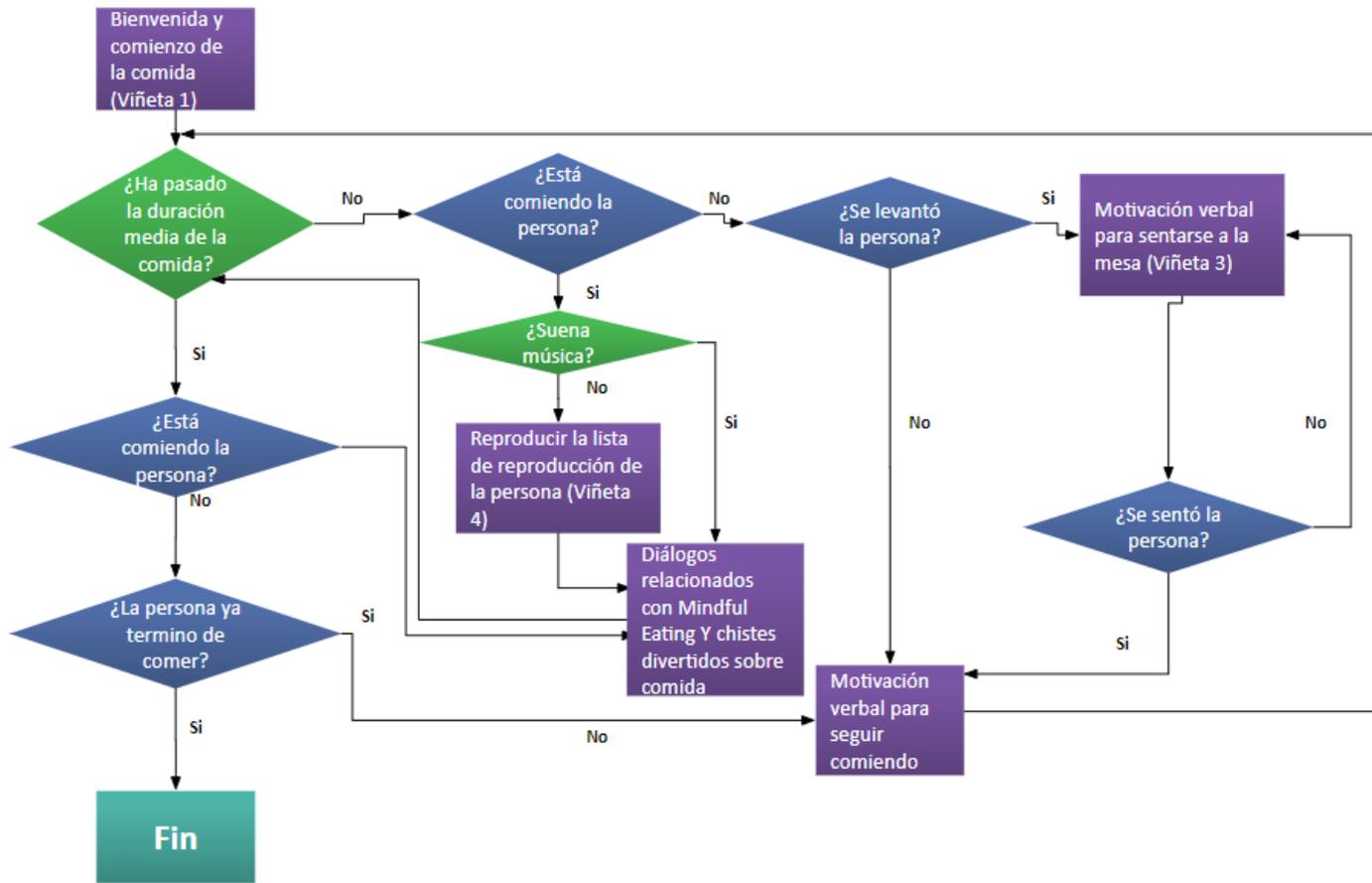
**Figura 14.** Diagrama de flujo sesión de comida parte 1

Ya que el usuario está registrado, el siguiente paso consiste en crear una petición HTTP POST de la sesión de comida, donde se pide como primer parámetro el identificador de la persona previamente registrada. Asimismo se solicita ingresar el platillo que se tiene programado para esa sesión de comida. Este parámetro es utilizado para personalizar los diálogos mencionando directamente el nombre de ese platillo en las interacciones, y potencialmente puede ser utilizado para reconocerlo por medio de la

cámara. Por último, se pide la hora aproximada a la que se llevará a cabo la sesión de comida. Hay que tomar en cuenta que una recomendación para el cuidado de adultos mayores con demencia es mantener horarios definidos de actividades, en particular las comidas.

Una vez que se realizó la petición para la sesión de comida, se verifica si la hora actual es menor a la hora de la comida, si esto es verdadero, el robot Eva empieza una sesión que busca estimular el apetito de la persona con frases como: 'Ya casi es hora de comer Roberto ¿Tienes hambre?', '¿No se te antoja un platillo de ceviche?'. Si la hora es mayor o igual a la hora de la comida, el robot comienza la detección de comida en la mesa en ciclo hasta que detecte comida. Una vez detectado el platillo, se inicia el reconocimiento facial para saber si la persona se encuentra presente, si la persona no se encuentra sentado en la mesa, se le notifica al cuidador. Si se identifica a la persona inicia la bienvenida a la comida con un diálogo como: 'Hola Roberto, ya es hora de comer, que rico se ve tu platillo de caldo de pollo'.

Una vez iniciada la bienvenida, se verifica si la duración media de la comida ha pasado (Véase Figura 15), si la respuesta es 'No' (como se espera que sucederá en las primeras consultas), se hace una lectura para comprobar si la persona está comiendo, si no está comiendo, entonces entra el modelo de reconocimiento que funciona para detectar si la persona está sentada, si la persona no está sentada o no está presente, el robot empieza la motivación verbal para que la persona se vuelva a sentar en la mesa con frases como: 'Roberto ¿Te gustaría sentarte y terminar la comida?', 'Tu comida tiene muy buen olor deberías de sentarte y olerla'. Si la persona se sienta, empieza la motivación verbal para que el adulto coma con frases como: 'La comida que te prepararon se ve deliciosa deberías probarla', 'Tu comida se ve muy rica deberías llevar un poco de ella a tu boca'.



**Figura 15.** Diagrama de flujo sesión de comida parte 2

Por otro lado, si la persona está comiendo y además la música ya esta sonando, el robot alterna entre algunos diálogos relacionados a Mindful Eating (Warren *et al.*, 2017) como por ejemplo: 'Tu comida huele muy rico ¿ya la oliste?', 'Lo que tienes en tu cuchara se ve delicioso ¿ya lo apreciaste?' y chistes cortos acerca de comida como por ejemplo: '¿Qué le dice un huevo a una sartén? Me tienes frito'. Esto con el propósito de hacer amena y consciente la comida.

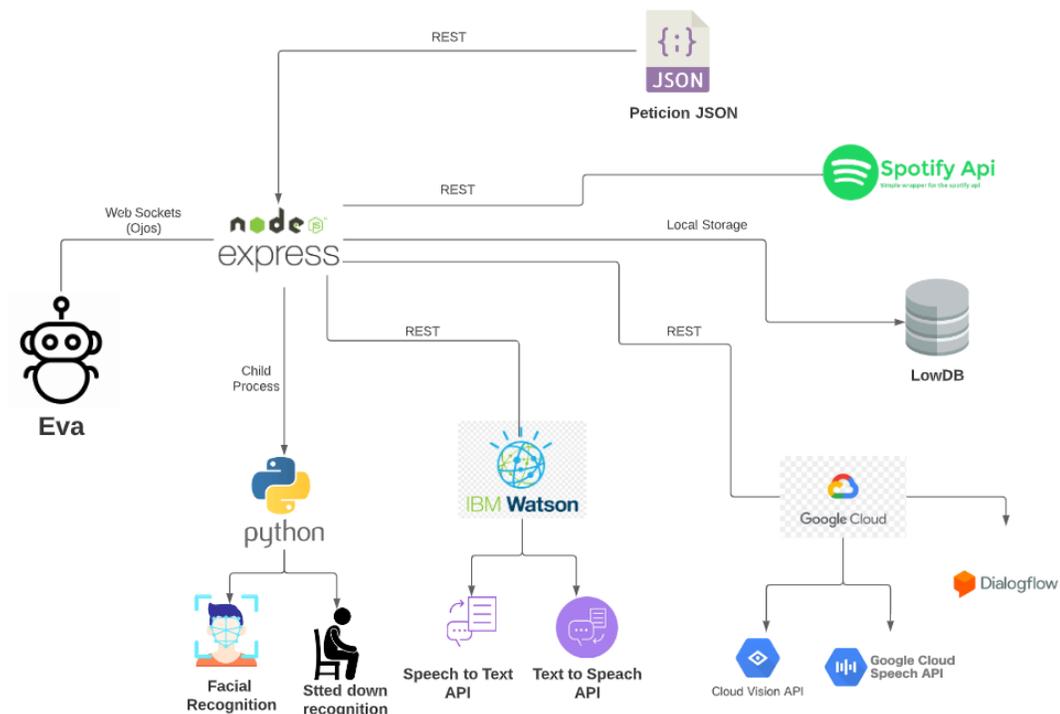
Por último en el flujo principal (vertical), si ya pasó el tiempo promedio de duración media de la comida, se verifica si la persona sigue comiendo, si la persona no está comiendo, se valida si la persona ya terminó de comer. Si la persona aún se encuentra alimentándose, inicia la alternación de diálogos Mindful Eating y chistes cortos acerca de comida. Si la persona aún no termina de comer, se inicia la motivación verbal para que continúe comiendo.

Si la persona terminó de alimentarse, se finaliza la sesión de comida con un diá-

logo como: 'Fue un gusto acompañarte en tu comida el día de hoy Roberto, nos vemos'.

### 4.3. Lenguajes y plataformas de desarrollo

Como se muestra en la Figura 16, como plataforma de back-end para el robot Eva se utiliza el framework de Node JS llamado Express, el cual es el encargado de recibir peticiones para iniciar una sesión de comida y para realizar llamadas a algunos subprocesos programados en Python; como es el caso del reconocimiento facial y el algoritmo que se encarga de reconocer si la persona esta sentada. Asimismo este se encarga de realizar peticiones a servicios en la Nube de IBM como la API de Voz a Texto y la API de Texto a Voz, necesarias para la interacción de voz con el individuo que esta interactuando con Eva. También se pueden utilizar los servicios de voz de Google de forma opcional. Una de las API más importante para el funcionamiento de este Robot de forma autónoma es: DialogFlow, la cual es una plataforma de comprensión del lenguaje natural que se utiliza para diseñar e integrar una interfaz de usuario conversacional en el robot, es decir, es la encargada de hacer que Eva funcione conversacionalmente de forma autónoma, comprendiendo lo que dice el usuario y contestando de acuerdo a ello.



**Figura 16.** Arquitectura de software del robot Eva

También se utiliza la API de Google Cloud Vision AutoML, la cual con una red neuronal previamente entrenada, permite por medio de marcos detectar si la persona que esta frente al robot Eva se esta alimentando. De entrada este algoritmo requiere imágenes en código Base64 y regresa una predicción con la clase 'eating' o 'no eating' dependiendo el caso.

Asimismo, la API de Google Cloud Vision por medio de marcos, permite identificar si hay comida en la mesa, detectando clases como 'Food' y 'Dishware'.

La música es uno de los componentes fundamentales de las terapias de adultos mayores con demencia. En este caso, se utiliza la API de Spotify para controlar la música que el robot Eva reproduce.

Para el almacenamiento interno de los datos necesarios para que Eva funcione, se utilizó LowDB, la cual es una pequeña base de datos no relacional que de forma local guarda archivos en formato JSON.

A continuación se describen las estrategias utilizadas para la detección de eventos y comportamientos relevantes utilizando la cámara del robot. Estos incluyen la detección de comida, detectar si la persona esta comiendo o si se levanta de la mesa.

#### **4.4. Detección de comida en la mesa**

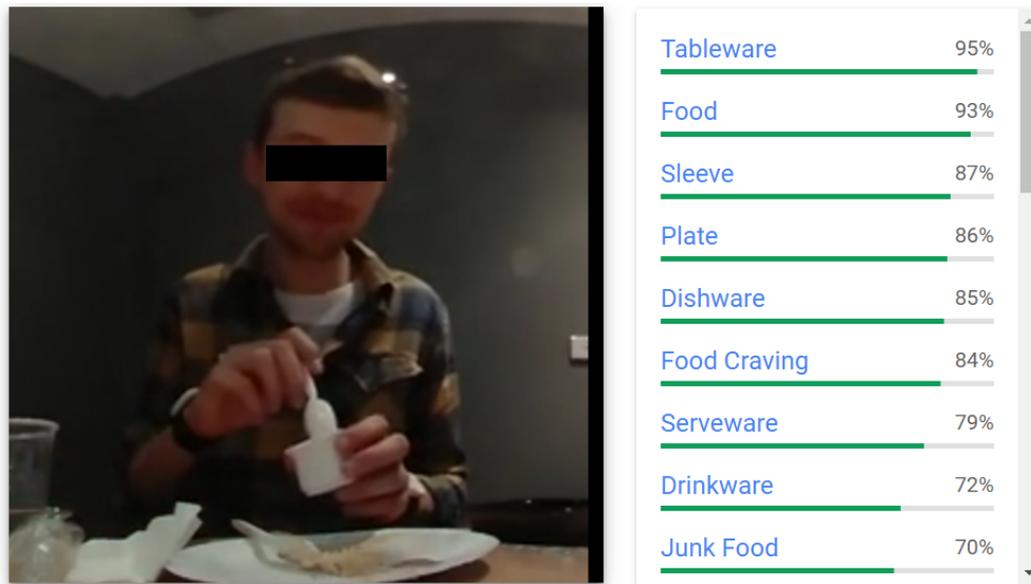
El principal propósito de este algoritmo, es detectar si hay comida en la mesa, el cual es un indicativo de que se debe de desencadenar la interacción llamada 'Bienvenida e inicio de comida' del robot Eva.

Para la detección de comida, se utilizó la API Vision, que forma parte del paquete de Visión de la plataforma Google Cloud.

La forma como funciona este algoritmo, es haciendo peticiones cada 30 segundos, dando como parámetro una foto desde la perspectiva del Robot a la Vision API (capturada con la cámara RealSense del robot), lo cual sirve para determinar si en esas fotos se detecta la clase 'Food' y 'Dishware' que la API reconoce.

Si alguna de estas dos clases aparecen y tienen una probabilidad mayor o igual al 85% (como se muestra en la Figura 17), se infiere que la comida esta servida y el

Robot comienza la interacción de bienvenida e inicio de comida. Se decidió utilizar la clase 'Food' y 'Dishware' en conjunto, debido a que realizando algunas pruebas, se noto que algunas veces la clase 'Food' se detectaba con una baja probabilidad o no se detectaba, aunque hubiera platos con comida en la mesa. Esto probablemente fue debido a que no tenia una buena perspectiva para ver la comida que había en el plato. En consecuencia se decidió utilizar la clase 'Dishware', ya que así se puede inferir que hay algún tipo de plato, en la mesa lo que se podría inferir como que la comida empezó o empezara pronto.



**Figura 17.** Ejemplo de detección de comida en la mesa

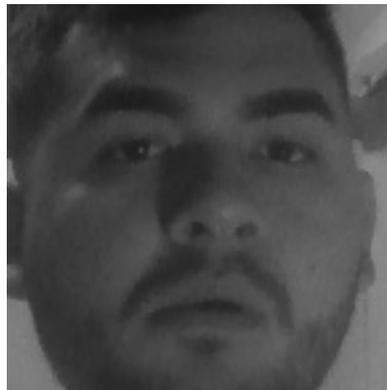
#### 4.5. ¿Está presente la persona? (Reconocimiento facial)

Con la finalidad de detectar a la persona que esta sentada frente al robot Eva, fue necesario implementar un sistema de reconocimiento facial que funcionara de forma local en el Raspberry Pi,

La detección de objetos mediante clasificadores en cascada basados en características de Haar es un método de detección de objetos propuesto en (Viola y Jones, 2001). Es un enfoque basado en aprendizaje automático en el que la función de cascada se entrena a partir de una gran cantidad de imágenes positivas y negativas. Luego se usa para detectar objetos en otras imágenes.

Aquí se trabajara con detección de rostros. Inicialmente, el algoritmo necesita imágenes positivas (imágenes de rostros) e imágenes negativas (imágenes sin rostros) para entrenar al clasificador. Entonces se necesita extraer características del objeto de interés. Para ello, se utilizan las funciones de Haar en este caso integradas en la librería de Open CV de Python.

El primer paso consiste en tomar 30 fotografías del rostro de la persona que se desea identificar. Con ayuda de un algoritmo se extraen las fotos, se detecta la cara y se procesa para que los ejemplos que se le darán al clasificador quede recortada como se muestra en la Figura 18.



**Figura 18.** Ejemplo de cara detectada por el algoritmo.

El siguiente paso consiste en entrenar el clasificador, asignándole un número identificador a la persona de los ejemplos, y posteriormente entrenar el modelo con la herramienta LBPHFaceRecognizer también integrada en la misma librería.

Para el posterior reconocimiento, solo es necesario iniciar nuestra clase en un grupo de imágenes. El algoritmo se encargara de determinar con el modelo previamente entrenado que persona se encuentra frente al robot Eva.

#### **4.6. Detección de la actividad de comer**

Las interacciones de voz en este trabajo con el robot están regidas, en gran medida, en saber si el adulto mayor con demencia se esta alimentando o no, igualmente en saber la frecuencia con la que se esta alimentado. Por tal motivo es necesario detectar la acción de 'comer'. Para realizar esta inferencia se han utilizado diversos enfoques,

mayormente basados en sensores inerciales (Ye *et al.*, 2015) y sensores de audio (Gao *et al.*, 2016). Debido a que el principal sensor en el robot Eva es la cámara, se decidió utilizar un enfoque de visión por computadora para detectar esta acción.

Para utilizar este enfoque de visión es necesario decidir la frecuencia de captura con la que es posible detectar la mayor cantidad de bocados que realiza el adulto mayor con demencia, esto teniendo en cuenta las capacidades de procesamiento del robot Eva.

#### **4.6.1. Pruebas de frecuencia en la extracción de marcos para la detección de la acción de comer**

Como el primer paso, se decidió realizar un experimento con 4 personas a las cuales se les brindó un tipo de alimento y se les pidió que lo consumieran delante de la cámara que utiliza el robot Eva (Intel D435i) mientras se les grababa.

Posteriormente, se utilizó un software que permitió extraer una cierta cantidad de marcos del vídeo a diferentes frecuencia de muestreo. Como se puede observar en la Tabla 11, cuando se realizó una extracción de un marco cada 2 segundos, obtuvo una precisión baja, capturando solamente el 51 % de los bocados totales realizados por los sujetos.

**Tabla 11.** Bocados capturados tomando 1 marco cada 2 segundos

<b>Vídeo</b>	<b>Bocados totales</b>	<b>Bocados capturados captando 1 frame cada 2 segundos</b>	<b>Porcentaje de éxito</b>
Participante 1	32	21	65 %
Participante 2	21	8	38 %
Participante 3	24	14	58 %
Participante 4	42	20	42 %
		<b>Precisión general:</b>	<b>51 %</b>

Debido al resultado anterior, se decidió incrementar la frecuencia de muestreo a un marco cada segundo (Tabla 12). Tomando un marco por segundo el porcentaje de bocados capturados del Participante 2 era significativamente más bajo que los demás, por lo que se regresó a visualizar el vídeo original y se notó que esta persona realizaba los bocados muy rápidos, por lo tanto el porcentaje de éxito bajó considerablemente.

Sin embargo, la precisión general fue de un 88 % de bocados capturados, lo que se puede considerar como un buen porcentaje de éxito. Igualmente se decidió no incrementar la frecuencia de muestro, por ejemplo a un marco cada 0.5 segundos, debido a que las capacidades del robot Eva son limitadas y la captura y análisis de estas imágenes consumiría muchos recursos del robot que son necesarios para otras tareas.

**Tabla 12.** Bocados capturados tomando 1 marco cada segundo

<b>Vídeo</b>	<b>Bocados totales</b>	<b>Bocados capturados captando 1 frame cada segundo</b>	<b>Porcentaje de éxito</b>
Participante 1	32	30	93 %
Participante 2	21	16	76 %
Participante 3	24	22	91 %
Participante 4	42	41	97 %
		<b>Precisión general:</b>	<b>88 %</b>

#### **4.6.2. Entrenamiento del modelo para la detección de la acción de comer**

Para el entrenamiento de este modelo se utilizaron los marcos de los bocados capturados de las pruebas que se realizaron anteriormente. Adicionalmente se utilizaron marcos de un conjunto de datos llamado OREBA (Rouast *et al.*, 2020) que contiene vídeos de personas durante una sesión de comida.

Para la elección de la plataforma de entrenamiento, se tomaron en cuenta dos puntos: (1) la apropiada integración que pudiera tener el modelo con el robot Eva y (2) la calidad de la clasificación que tuviera el modelo.

Para el entrenamiento de los modelos se utilizaron un total 467 imágenes de 14 distintas personas, de las cuales 231 fueron etiquetadas con la clase 'eating' (Véase Figura 19) y 236 fueron etiquetadas como 'noeating' (Véase Figura 20).



**Figura 19.** Ejemplo de fotografía etiquetada con la clase 'eating'



**Figura 20.** Ejemplo de fotografía etiquetada con la clase 'noeating'

En primera instancia se utilizó Techeable Machine (Carney *et al.*, 2020), una herramienta basada en web utilizada para crear modelos personalizados de clasificación de aprendizaje. La principal ventaja de esta herramienta es que tiene un tiempo muy corto de entrenamiento y tiene una fácil integración mediante una REST API. El tiempo de entrenamiento por otro lado puede resultar en una menor precisión de clasificación, esto debido a que se utiliza una Mobile Net (Howard *et al.*, 2017), por lo que se puede reducir la precisión en consecuencia de que funcione el modelo de una forma fluida. Debido a que la precisión de la detección de la actividad de 'comer' es fundamental para la correcta ejecución de las interacciones, se descartó el uso de esta herramienta.

La segunda herramienta que se decidió probar fue Cloud Vision AutoML (Bisong, 2019), esta herramienta trabaja con los conceptos de aprendizaje de transferencia y

búsqueda de arquitectura neuronal 'under the hood' para encontrar la mejor arquitectura de red y la configuración óptima de hiperparámetros de esa arquitectura que minimiza la función de pérdida del modelo. Después de realizar el entrenamiento y las pruebas de clasificación que se muestran en la siguiente subsección, se decidió utilizarla para integrarla con el robot Eva, esto debido a que cumplía con los dos puntos que se estaban buscando; una alta precisión y una apropiada integración mediante una REST API.

#### 4.6.3. Pruebas de clasificación del modelo

Para las pruebas de clasificación, se pidió a 4 voluntarios que participaron en el experimento anterior que hicieran prácticamente lo mismo, es decir, comer frente a la cámara. Ahora con una pequeña variación, en la cual les pidió que realizaran la cucharada al momento de que escucharan un sonido que se decidió utilizar. Esto con la finalidad de tener una cantidad fija de cucharadas a detectar. En total fueron 25 cucharadas, de las cuales como se puede observar en la Tabla 13 y 15, se captaron entre 22 y 24 cucharadas totales.

Una vez identificados los marcos en los cuales se realizaron las cucharadas, se procedió a evaluarlos en el modelo previamente entrenado. Como se puede ver en la Tabla 13, en la cual se encuentran personas cuyas imágenes fueron utilizadas en el experimento anterior e igualmente se utilizaron para el entrenamiento del modelo. La precisión obtenida, del 91%, se considera adecuada para los propósitos de este trabajo.

**Tabla 13.** Prueba de clasificación de clase 'eating' con personas que están en el conjunto de datos de entrenamiento

Vídeo	Clasificación correcta 'eating'	Clasificación incorrecta 'eating'
Participante 1	20	2
Participante 2	22	2
	<b>Precision:</b>	<b>91%</b>

Para la evaluación de la clasificación de la clase 'noeating', se tomaron 100 marcos aleatorios con el único requisito de que no pertenecieran a la clase 'eating'. Como se puede observar en la Tabla 14, la precisión en la clasificación de esta clase es del

100%, esto quiere decir que hay muy poca probabilidad de que haya falsos positivos de la clase 'eating', algo que es importante para elegir el tipo de interacción del robot Eva, ya que por ejemplo si esta precisión fuera baja, se podría inferir que el adulto mayor con demencia se está alimentando aún cuando no sea así.

**Tabla 14.** Prueba de clasificación de clase 'no eating' con personas cuyas imágenes fueron incluidas en el conjunto de datos de entrenamiento

<b>Video</b>	<b>Clasificación correcta "no eating"</b>	<b>Clasificación incorrecta "no eating"</b>
Participante 1	100	0
Participante 2	100	0
	<b>Precision:</b>	<b>100%</b>

También se realizaron pruebas con personas cuyas imágenes no fueron incluidas en el conjunto de datos de entrenamiento. Esto para determinar si se necesitarían datos del adulto mayor con demencia para que el modelo funcionara correctamente. Como se puede observar en la Tabla 15, la clasificación de la clase 'eating' sigue siendo buena con las personas que no se encuentran en el conjunto de entrenamiento, solo reduciéndose en 2 puntos porcentuales en la precisión.

**Tabla 15.** Prueba de clasificación de clase 'eating' con personas cuyas imágenes no fueron incluidas en el conjunto de datos de entrenamiento

<b>Video</b>	<b>Clasificación correcta 'eating'</b>	<b>Clasificación incorrecta 'eating'</b>
Participante 3	23	1
Participante 4	20	4
Participante 4 (Segunda vez)	<b>23</b>	<b>0</b>
	<b>Precision:</b>	<b>89%</b>

Como se puede observar en las Tablas 15 y 16, se encuentra dos veces el participante 4, esto es debido a que se repitió la prueba debido a que esta persona realizaba una posición inusual de sus manos mientras estaba en reposo (Véase Figura 21), lo que propiciaba que se registrara un alto número de falsos positivos ( $n = 24$ ) de la clase 'eating' (Véase Tabla 16).



**Figura 21.** Ejemplo de fotografía con posición inusual de las manos mientras se encuentra en reposo

La manera en la que se logró mitigar este error, fue agregando 14 ejemplos como el mostrado en la Figura 21 a la clase 'noeating' y volviendo a entrenar el modelo. Como se puede observar en la Tabla 16, la precisión que se encuentra en 88%, se puede considerar adecuada.

**Tabla 16.** Prueba de clasificación de clase 'no eating' con personas cuyas imágenes no fueron incluidas en el conjunto de datos de entrenamiento

<b>Vídeo</b>	<b>Clasificación correcta "no eating"</b>	<b>Clasificación incorrecta "no eating"</b>
Participante 3	100	0
Participante 4	76	24
Participante 4 (Segunda vez)	98	2
	<b>Precision:</b>	<b>88%</b>

Una vez integrado el algoritmo de detección al robot Eva, se realizaron pruebas adicionales para determinar si la diferencia en como se toman los marcos desde el robot Eva afectarían en el desempeño de la clasificación. Como se puede observar en la Tabla 17, la clasificación disminuye considerablemente cuando se integra el algoritmo al robot, resultando en un 83% de precisión. Analizando las imágenes se pudo notar que la mayoría de estos errores eran debido a imágenes que se tomaban con algún tipo de distorsión como se muestra en la Figura 22. En el futuro para mejorar esto, se podrían explorar otras formas de obtener las imágenes con el robot Eva.

**Tabla 17.** Prueba de clasificación de clase 'eating' con datos obtenidos (marcos) directamente del robot Eva

<b>Video</b>	<b>Clasificación correcta 'eating'</b>	<b>Clasificación incorrecta 'eating'</b>
Participante 1	19	1
Participante 2	16	4
Participante 3	17	3
Participante 4	15	5
	<b>Precisión:</b>	<b>83 %</b>



**Figura 22.** Ejemplo de fotografía distorsionada

Para evaluar la clase 'noeating' se tomaron 40 marcos, con la única restricción de que no pertenecieran a la clase 'eating'. Como se puede observar en la Tabla 18 la precisión se encuentra en 96 %, lo que se puede considerar como muy buena.

**Tabla 18.** Prueba de clasificación de clase 'no eating' con imágenes capturadas directamente por el robot Eva

<b>Video</b>	<b>Clasificación correcta "no eating"</b>	<b>Clasificación incorrecta "no eating"</b>
Participante 1	38	2
Participante 2	40	0
Participante 3	37	3
Participante 4	40	0
	<b>Precisión:</b>	<b>96 %</b>

#### 4.6.4. Integración con el robot Eva

Para la integración del modelo de clasificación con el código fuente del robot Eva, el primer paso fue hacer un despliegue del modelo a una REST API que se encuentra

alojada en los servicios en la nube de Google Cloud.

El siguiente paso ya en el código fuente del robot Eva, consistió en tomar una ventana de 30 marcos en frecuencia de 1 cada segundo, es decir 30 marcos en 30 segundos. Al principio se decidió usar una ventana de 60 marcos, y posteriormente se redujo para mejorar el tiempo de ejecución de la clasificación de la imagen. Asimismo se realizaron pruebas con 45 marcos pero el rendimiento tampoco era el óptimo para que la interacción del robot se notara fluida.

Lo siguiente es recortar esos marcos para que en la fotografía solo aparezca la persona y ninguna otra cosa que pueda introducir ruido en la clasificación. Por último se necesita convertir cada fotografía en código Base64, para poder enviarla mediante un método POST a nuestra REST API en la nube.

Una vez obtenidos los resultados de clasificación, se aseguró que en la ventana de predicciones no haya dos o más predicciones de la clase 'eating' de forma consecutiva. Esto debido a que a la hora de obtener las imágenes, se pueden obtener 2 de ellas que pudieran ser clasificados como 'eating' en una sola cucharada que el adulto realice. Una vez que el conjunto de imágenes es analizada, se regresa el total de predicciones 'eating' realizadas en esa ventana. Posteriormente el robot puede elegir que tipo de diálogo utilizar basado en las cucharadas que se detectaron (Véase Tabla 19). Cabe mencionar que si se detectan 0-1 bocados, antes de reproducir el diálogo, se inicia el algoritmo para saber si la persona se encuentra sentada en la mesa.

**Tabla 19.** Ejemplos de diálogos basados en las cucharadas detectadas

<b>Bocados</b>	<b>Dialogo (DialogFlow Intent)</b>	<b>Ejemplo</b>
0-1	verbalMotivationToKeepEating	Quisiera ser un humano como tu para probar esa deliciosa comida que te prepararon, deberías de probarla un poco
2-3	mindfulEatingRelatedDialogues o chiste relacionado a comida	Lo que tienes en tu cuchara se ve delicioso ¿ya lo apreciaste?
>4	mindfulEatingFastRelatedDialogues	Lo que tienes en tu cuchara se ve delicioso, si te detienes un poco lo puedes apreciar un poco más

#### **4.7. Poner música para acompañar la comida**

Como se ha mencionado anteriormente, la música es una parte importante en las interacciones y terapias con los adultos con demencia. En esta ocasión para integrar la música con el robot Eva, se decidió utilizar la API de la plataforma de música en streaming llamada 'Spotify'.

Por medio de la API (una vez que se tiene el token de autenticación) se puede acceder a los controles del reproductor de música, es decir, se tiene la capacidad de: cambiar de canción, parar la música, empezar su reproducción y controlar los niveles del volumen de reproducción. Cabe señalar que es necesario abrir el reproductor web de Spotify.

Uno de los beneficios de utilizar la API de esta plataforma es poder tener una lista de reproducción individual para cada individuo con su música preferida. Es por eso que al momento de registrar a una persona para una sesión de comida, se pide el nombre de su playlist en el servicio antes mencionado.

#### **4.8. Detectar si la persona se levantó**

Para abordar el problema de detectar si la persona se levanta durante la comida, primeramente se había planteado utilizar un algoritmo que tenía la capacidad de detectar la clase 'Persona' mediante redes neuronales y utilizando el sensor de profundidad de la cámara que esta integrada en el robot Eva (Intel D435i) que permite medir la distancia aproximada a la que se encuentra la persona. Sin embargo, al momento de ser integrado al robot Eva, se notó que el tiempo de respuesta era muy lento ( $t = 30-40s$ ), lo que en consecuencia hacía que el robot Eva tardara más en tomar una decisión sobre que interacción realizar.

Por lo explicado anteriormente, para abordar este problema de forma alternativa, se decidió utilizar el algoritmo de reconocimiento facial que se explica en la subsección 4.5 de este capítulo.

La forma en la que trabaja este algoritmo de reconocimiento facial para abordar este problema es similar a la de la subsección 4.5. Se intenta localizar la cara del adulto

mayor con demencia asignado a esa sesión de comida, si no se detecta la cara durante 15 segundos, se notifica al cuidador y el robot comienza su interacción por medio de voz.

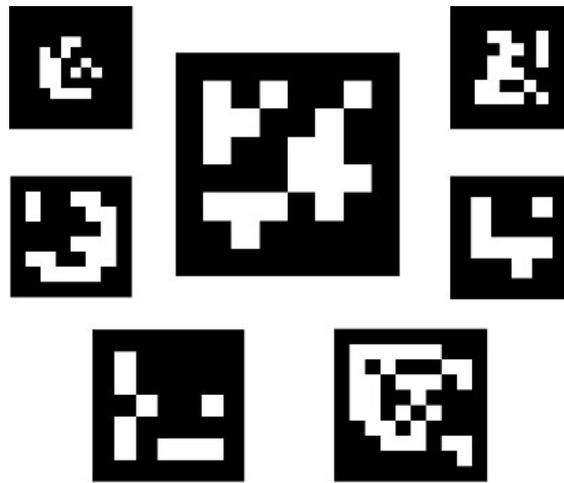
#### **4.9. Notificar al cuidador**

Para enviar notificaciones al cuidador encargado de la persona con demencia de la sesión de comida programada, se decidió utilizar Twilio, una API que permite realizar y recibir llamadas telefónicas, así como enviar y recibir mensajes de texto. En este caso se utilizan mensajes SMS para notificar al cuidador.

Por otro lado, también se propuso realizar una aplicación móvil para la comunicación del robot Eva con el cuidador mediante notificaciones 'push', que a su vez podría tener la capacidad de programar sesiones de comida directamente desde el teléfono móvil y realizar otras funciones que fueran necesarias en el robot Eva. Esta idea puede llevarse a cabo en el trabajo futuro.

#### **4.10. Detectar si la persona terminó de comer**

Para reconocer este estado se analizaron diferentes posibilidades. La primera alternativa que se contempló fue utilizar los marcadores ArUco de Open CV (Véase Figura 23), los cuales son comúnmente utilizados en aplicaciones de realidad aumentada. El plan era colocar los marcadores dentro del plato utilizado por el adulto mayor durante la comida. Al principio los marcadores estarían cubiertos por la comida que hay en el plato y conforme el adulto mayor fuera terminando su comida, estos marcadores empezarían aparecer y se podría detectarlos mediante la cámara. De esa forma se puede inferir que el adulto mayor estaba terminando su comida. Sin embargo, analizando un poco más, se concluyó que dependiendo de si el platillo era sólido o líquido estos marcadores podrían ir apareciendo de una forma no consistente, e igualmente se percató que el ángulo de visión del robot Eva en cuanto al plato no era la más adecuada para tener una perspectiva total del plato de comida. Es por esto que se decidió descartar esta opción.



**Figura 23.** Marcadores ArUco de Open CV

La segunda alternativa planteada fue utilizar una báscula bajo el plato que está utilizando el adulto mayor durante la comida. El plan era tomar una foto de la pantalla de la báscula para poder identificar mediante visión por computadora (Google Vision API), los dígitos que marcaban los gramos del peso de la comida. Esta foto se tomaría al principio de la comida para tomar el valor inicial de referencia y durante la sesión de la comida se tomarían fotos para identificar si el peso ha decrecido considerablemente para poder determinar que el adulto mayor con demencia ha terminado su sesión de comida y así finalizar las interacciones con el robot Eva. Sin embargo, se percató que con la perspectiva de la cámara del robot Eva, no era viable captar los dígitos de la báscula (Báscula Digital TYC con Pantalla LCD), por lo que se consideró también utilizar una segunda cámara en una posición que permitiera detectar estos dígitos. Se realizaron algunas pruebas y se determinó que con un teléfono móvil con cámara y una base adecuada sobre la pantalla de la báscula podría ayudar a captar los dígitos. Algo que se podría realizar como trabajo futuro. Igualmente como alternativa a identificar los números con visión por computadora, se podría utilizar una báscula que tuviera la capacidad de comunicarse mediante Bluetooth con el robot Eva o mediante un cable USB similar a lo que hace el robot social Brian 2.1 (McColl *et al.*, 2013) para abordar este problema.

La última alternativa y la cual se eligió temporalmente para abordar este problema es similar a la que se plantea en la subsección 4.4 donde se detectó cuando hay comida en la mesa. Sin embargo en esta ocasión, cuando el tiempo promedio de la

comida ha pasado, el algoritmo de detección comienza y si no detecta la clase 'Food' en la fotografía, el robot infiere que el adulto mayor con demencia ha terminado su alimento. Como se mencionó anteriormente esto es una forma alternativa temporal de inferir que la persona con demencia ya terminó de comer pero se cree que la opción donde se utiliza la báscula puede resultar con mayor precisión para inferir este estado.

#### **4.11. Evaluación preliminar de una sesión completa de alimentación realizada en el laboratorio**

Se realizaron dos pruebas de laboratorio practicando una sesión de comida e imitando los posibles comportamientos que podrían tener los adultos mayores con demencia durante la alimentación, de acuerdo a la información recabada en el estudio inicial con los cuidadores. Esta evaluación tenía el objetivo de valorar el sistema integrado y posibles conflictos de inferencia o desempeño de los algoritmos de detección de actividades y estados relevantes. La evaluación se realizó con un miembro del laboratorio con conocimientos sobre comportamientos asociados a la demencia y familiarizado con las entrevistas realizadas con los cuidadores informales.

En la primera sesión, se percató que el algoritmo de detección de comida en la mesa tenía un falla al detectar comida en la mesa aunque no hubiera, debido a que no se eliminaba la última imagen tomada de la sesión anterior y se enviaba a analizar, lo que provocaba un falso positivo. Esto se corrigió antes de realizar la segunda prueba.

Igualmente se percató que en una ventana de 45 marcos, el tiempo de análisis se extendía por casi un minuto, lo que provocaba que al robot se le notara una falta de fluidez en el diálogo, por lo que se decidió bajar la ventana a 30 marcos.

Asimismo, se decidió agregar un diálogo de bienvenida en el cual el robot Eva se presenta frente al adulto mayor con demencia.

Por otro lado, se notó que al momento de reanudar la música después de algún diálogo del robot, este cambio era brusco ya que se resumía la música con el volumen en el cual se pausó, por lo que se decidió bajar el volumen de la música cuando empezara el diálogo del robot y ya que lo finalizara, subir el volumen de la música de forma progresiva.

Con todos los cambios realizados, se llevó a cabo una segunda sesión de prueba. En esta sesión las interacciones del robot se notaron más suave e igualmente más fluidas en parte debido a la reducción de los marcos analizados.

En la segunda sesión de prueba también se notaron oportunidades de mejora, especialmente en los diálogos, como por ejemplo, realizar algún dialogo mientras el robot esta ejecutando el algoritmo para detectar si la persona esta comiendo. Asimismo cambiar el orden de algunos diálogos de la sesión previa de estimulación de apetito y de la bienvenida.

En general en la segunda sesión la integración de los componentes en una sesión de comida completa funcionó conforme a lo esperado, a excepción de una ocasión en que el algoritmo para detectar si la persona estaba comiendo falló notablemente, registrando dos falsos positivos en la clase 'eating'. Esto fue debido a que el el sujeto de prueba, se levantó de la silla y el algoritmo clasificó algunos marcos distorsionados con la clase 'eating'. Se podría intentar solucionar este problema agregando algunos marcos de este tipo como ejemplo a la clase 'no eating' y reentrenar el modelo.

Con esta evaluación se puede concluir que el robot detecta los comportamientos deseables y reacciona oportunamente en consecuencia. Además, los diálogos implementados en el robot son, de acuerdo a recomendaciones de los cuidadores y expertos en tecnología y demencia, positivos y a nivel de sugerencia, de manera que por ejemplo un comentario destinado a fomentar que la persona coma más despacio (Véase ejemplo en Tabla 19) no se percibe como fuera de lugar si la persona esta comiendo a buen ritmo, o incluso no esta comiendo.

#### **4.12. Limitaciones en la implementación**

Una de las limitaciones importantes que se encontraron, fue el hecho de que el cable que conecta a la cámara con el Raspberry PI debe ser de alta velocidad (USB 3.1 - 10 Gbps) para tener la capacidad de transmitir los datos que recopilaba la cámara de forma óptima. Sin embargo, debido al diseño de la cabeza del robot, resulta difícil colocar un cable de esa velocidad en un espacio tan estrecho, por lo que se decidió utilizar un cable USB 3.0 500 Mbps que facilita su conexión al robot. Este problema afecta a todos los algoritmos que utilizan la cámara del robot, pero es particularmente

crítico en algoritmos que analizan una serie de imágenes, como es el de detección de si la persona esta comiendo.

Otra limitación importante es la del mismo Raspberry PI, el cual no es procesador de alto desempeño, ni cuenta con una GPU que ayudaría a ejecutar los algoritmos de visión por lo que se puede percibir un cuello de botella a la hora de procesar los datos de la cámara. Este problema se podría resolver incorporando un procesador como el 'Intel Neural Compute Stick 2'<sup>2</sup>, el cual es un dispositivo de hardware que ayuda a hacer un procesamiento de los datos de la cámara haciendo un trabajo parecido al de una GPU. El problema de incorporar este hardware sería que el espacio del robot es reducido, por lo que probablemente se tendría que hacer un rediseño para darle cabida a este dispositivo.

Otra limitación importante es el ancho de banda del internet. Se percibió que algunas veces los servicios que utilizan internet como: Speech to Text, Text to Spech, DialogFlow y las API REST, se percibieran con cierta latencia, lo que generaba que la interacción perdiera fluidez. Una posible solución a este problema es incorporar este procesamiento en el robot. De hecho, la plataforma Eva planea implementarlo incorporando el toolkit de reconocimiento de voz Vosk<sup>3</sup>; el software de Texto a Voz (TTS) Mimic<sup>4</sup>; y la red neuronal para el análisis de intensión Padatious<sup>5</sup>. Sin embargo, Padatious de momento solamente se encuentra disponibles en inglés y no tiene la flexibilidad con la que cuenta DialogFlow para procesar el diálogo.

---

<sup>2</sup><https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/hardware/neural-compute-stick.html>

<sup>3</sup><https://alphacephei.com/vosk/>

<sup>4</sup><https://mycroft-ai.gitbook.io/docs/mycroft-technologies/mimic-overview>

<sup>5</sup><https://padatious.readthedocs.io/en/latest/>

## Capítulo 5. Conclusiones y trabajo futuro

---

En esta sección se presentan las conclusiones generales de este trabajo de investigación, se describen las principales contribuciones y el trabajo futuro que se propone realizar.

### 5.1. Conclusiones

En este trabajo se presentó el diseño, desarrollo y evaluación con cuidadores y expertos en demencia de una serie de interacciones del robot de asistencia social 'Eva'. Estas interacciones integradas dan como resultado una sesión totalmente autónoma del robot, que busca apoyar a los cuidadores tratando de mitigar algunos comportamientos disruptivos que se pueden presentar en los adultos mayores con demencia a la hora de comer y servir de compañía al adulto mayor.

Para el diseño de estas interacciones se siguió la metodología de diseño contextual rápido, en la cual se realizaron entrevistas semi-estructuradas con cuidadores formales de distintas estancias geriátricas. Posteriormente se realizaron sesiones de diseño con personas relacionadas a las áreas de HCI, HRI, Desarrollo de Software y Psicología. En estas sesiones se generaron ideas de diseño y escenarios que derivaron en viñetas y videos que ayudaron a evaluar las interacciones diseñadas.

Una vez evaluadas las interacciones con cuidadores informales en la primera iteración, se eligió implementar las viñetas que estuvieron mejor evaluadas y que tuvieran más viabilidad técnica para implementarse. Para que el robot funcionara autónomamente en una sesión completa de comida, se requirió implementar algoritmos de reconocimiento basados en visión por computadora para reconocer actividades y estados tales como que el adulto mayor está comiendo, que se levanta de la mesa o que se terminó la comida.

Posteriormente a la primera iteración de implementación, se llevó acabo una sesión de diseño con expertos en desarrollo de tecnología para la demencia, que tuvo como resultado mejoras principalmente en los diálogos del robot. Posteriormente se evaluó el prototipo en dos sesiones de comida en laboratorio, en las cuales se simularon

algunos comportamientos disruptivos a la hora de comer. Estas pruebas ayudaron a detectar y corregir algunos errores de interacción del robot.

Se podrían realizar algunos cambios para mejorar la precisión en el reconocimiento de algunos algoritmos de detección. En el caso del algoritmo que se utiliza para reconocer si la persona está comiendo, se podrían realizar mejoras en la técnica en la que se adquieren los marcos, esto mediante la grabación de un video de 30 segundos y extrayendo posteriormente un marco cada segundo de ese video. Esto podría ayudar a eliminar la distorsión que se genera en algunos marcos que se capturan con la técnica utilizada actualmente. Adicionalmente se podría mejorar si se tuviera la capacidad de ejecutar la predicción de forma local sin tener que enviar las imágenes para su análisis en la nube. Por otro lado, para ayudar a que la interacción del robot con el adulto mayor sea más fluida, ayudaría que este algoritmo de reconocimiento se pudiera ejecutar en segundo plano mientras el flujo de la sesión de comida continúa, esto sin afectar el rendimiento del robot. Esto requeriría de un procesador de mayor capacidad del que actualmente cuenta el robot Eva.

Por otro lado, también se puede mejorar el tiempo de respuesta del primer algoritmo que se implementó para detectar si la persona se levantó (en el cual se utiliza el sensor de profundidad integrado en la cámara del robot). Esto podría hacerse agregando un componente de hardware al robot como el Neural Compute Stick de Intel <sup>1</sup>, que en general mejoraría el rendimiento de los algoritmos de visión. Este dispositivo ayudaría a procesar más rápidamente los datos del sensor de profundidad de la cámara y permitiría tomar una decisión más rápida para elegir la interacción adecuada del robot.

El robot Brian 2.1 (McColl *et al.*, 2013) también aborda el problema de los comportamientos disruptivos que se puedan presentar a la hora de la alimentación por parte de los adultos con demencia. Sin embargo, en contraste con el trabajo realizado en esta investigación, sus interacciones no están basadas en un estudio contextual que toma en cuenta la experiencia de los distintos cuidadores para mitigar estos problemas.

Debido a la pandemia global de Covid 19 no fue posible realizar la evaluación del robot Eva interactuando con el usuario final en una sesión de comida, debido a los

---

<sup>1</sup><https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/hardware/neural-compute-stick.html>

problemas éticos y de ingreso a la residencia que se presentan. Sin embargo, las evaluaciones realizadas en laboratorio aportan evidencia sobre la factibilidad técnica del uso del robot para apoyar esta tarea, y la evaluación con cuidadores da evidencia de la pertinencia del robot desarrollado en este trabajo.

## 5.2. Contribuciones

Las principales contribuciones de este trabajo de tesis son las siguientes:

- La exploración de las capacidades del robot Eva en la ejecución de algoritmos de visión. Se identificaron algunas limitaciones que presenta el hardware del robot para aplicaciones con importantes demandas de procesamiento de imágenes.
- La integración a Eva de algoritmos de visión que pueden ser utilizados en distintos contextos de interacción del robot Eva. La evaluación de estos algoritmos da evidencia de que varias de las actividades y estados de interés pueden ser detectados exitosamente por un robot de estas características.
- Un estudio contextual sobre el problema de alimentación en adultos mayores con demencia que aporta ideas de diseño y escenarios que pueden ser utilizados en el desarrollo de otras tecnologías de soporte.
- Un artículo presentado en el workshop llamado 'RtDxHRI' de la conferencia HRI 2021: Astorga, M., Cruz-Sandoval, D., Mitjans, A., Riek, L.D., and Favela, J. (2021). "Design of a Social Robot to Understand Caregivers' Perception of Disruptive Eating Behaviors by People with Dementia." HRI CONFERENCE 2021 Workshop on Research Through Design Approaches in Human-Robot Interaction (RtDxHRI).

## 5.3. Trabajo Futuro

El trabajo realizado permite vislumbrar varias líneas de trabajo futuro en las que se propone realizar investigación o desarrollo adicional:

- Realizar la evaluación sesiones de comida completa con el robot operando de

forma autónoma con adultos mayores con demencia leve/moderada que puedan presentar comportamientos disruptivos a la hora de alimentarse.

- Explorar otras opciones para capturar marcos en la detección que se realiza para saber si la persona se esta alimentando y para incrementar la precisión de la clasificación.
- Realizar las adecuaciones necesarias en el robot Eva para integrar el hardware que se necesita para que los algoritmos de visión por computadora tengan un mejor desempeño,

## Literatura citada

- Alenljung, B., Lindblom, J., Andreasson, R., y Ziemke, T. (2019). User experience in social human-robot interaction. En: *Rapid automation: Concepts, methodologies, tools, and applications*. IGI Global, pp. 1468–1490.
- Amella, E. J. (2004). Feeding and hydration issues for older adults with dementia. *Nursing Clinics*, **39**(3): 607–623.
- Aminuddin, R., Sharkey, A., y Levita, L. (2016). Interaction with the paro robot may reduce psychophysiological stress responses. En: *2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*. IEEE, pp. 593–594.
- Aselage, M. B. y Amella, E. J. (2010). An evolutionary analysis of mealtime difficulties in older adults with dementia. *Journal of clinical nursing*, **19**(1-2): 33–41.
- Association, A. et al. (2016). *Communication: Tips for Successful Communication During All Stages of Alzheimer's Disease*. Alzheimer's Association.
- Astorga, M., Cruz-Sandoval, D., Mitjans, A., Riek, L. D., y Favela, J. (2021). Design of a social robot to understand caregivers' perception of disruptive eating behaviors by people with dementia.
- Barratt, J. (2004). Practical nutritional care of elderly demented patients. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, **7**(1): 35–38.
- Bemelmans, R., Gelderblom, G. J., Jonker, P., y De Witte, L. (2012). Socially assistive robots in elderly care: a systematic review into effects and effectiveness. *Journal of the American Medical Directors Association*, **13**(2): 114–120.
- Bickmore, T. W. y Picard, R. W. (2005). Establishing and maintaining long-term human-computer relationships. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, **12**(2): 293–327.
- Bisong, E. (2019). Google automl: cloud vision. En: *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform*. Springer, pp. 581–598.
- Broekens, J., Heerink, M., Rosendal, H., et al. (2009). Assistive social robots in elderly care: a review. *Gerontechnology*, **8**(2): 94–103.
- Carney, M., Webster, B., Alvarado, I., Phillips, K., Howell, N., Griffith, J., Jongejan, J., Pitaru, A., y Chen, A. (2020). Teachable machine: Approachable web-based tool for exploring machine learning classification. En: *Extended abstracts of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*. pp. 1–8.
- Chang, C.-C. y Roberts, B. L. (2008). Feeding difficulty in older adults with dementia. *Journal of clinical nursing*, **17**(17): 2266–2274.
- Cohen-Mansfield, J. (2013). Nonpharmacologic treatment of behavioral disorders in dementia. *Current Treatment Options in Neurology*, **15**(6): 765–785.
- Cruz-Sandoval, D. y Favela, J. (2017). Semi-autonomous conversational robot to deal with problematic behaviors from people with dementia. En: *International conference on ubiquitous computing and ambient intelligence*. Springer, pp. 677–688.
- Cruz-Sandoval, D. y Favela, J. (2019). 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*. pp. 161–169.
- DiMaria-Ghalili, R. A. y Amella, E. (2005). Nutrition in older adults: Intervention and assessment can help curb the growing threat of malnutrition. *AJN The American Journal of Nursing*, **105**(3): 40–50.
- 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.
- Feil-Seifer, D. y Mataric, M. J. (2005). Defining socially assistive robotics. En: *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005.*. IEEE, pp. 465–468.
- Feil-Seifer, D. y Matarić, M. J. (2011). Socially assistive robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, **18**(1): 24–31.
- Feil-Seifer, D., Skinner, K., y Matarić, M. J. (2007). Benchmarks for evaluating socially assistive robotics. *Interaction Studies*, **8**(3): 423–439.
- Fitter, N. T. y Kuchenbecker, K. J. (2016). Designing and assessing expressive open-source faces for the baxter robot. En: *International Conference on Social Robotics*. Springer, pp. 340–350.
- Fitter, N. T., Mohan, M., Kuchenbecker, K. J., y Johnson, M. J. (2018). Exercising with baxter: Design and evaluation of assistive social-physical human-robot interaction. En: *Workshop on Personal Robots for Exercising and Coaching (PREC 2018)*.
- Fong, T., Nourbakhsh, I., y Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and autonomous systems*, **42**(3-4): 143–166.
- Gao, Y., Zhang, N., Wang, H., Ding, X., Ye, X., Chen, G., y Cao, Y. (2016). ihear food: eating detection using commodity bluetooth headsets. En: *2016 IEEE First International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE)*. IEEE, pp. 163–172.
- Glas, D. F., Kanda, T., y Ishiguro, H. (2016). Human-robot interaction design using interaction composer eight years of lessons learned. En: *2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*. IEEE, pp. 303–310.
- Gockley, R., Bruce, A., Forlizzi, J., Michalowski, M., Mundell, A., Rosenthal, S., Sellner, B., Simmons, R., Snipes, K., Schultz, A. C., et al. (2005). Designing robots for long-term social interaction. En: *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, pp. 1338–1343.
- Goddaer, J. y Abraham, I. L. (1994). Effects of relaxing music on agitation during meals among nursing home residents with severe cognitive impairment. *Archives of Psychiatric Nursing*, **8**(3): 150–158.
- Gustafsson, C., Svanberg, C., y Müllersdorf, M. (2015). Using a robotic cat in dementia care: a pilot study. *Journal of gerontological nursing*, **41**(10): 46–56.

- Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., y Wielinga, B. (2010). Assessing acceptance of assistive social agent technology by older adults: the almere model. *International journal of social robotics*, **2**(4): 361–375.
- Hegel, F., Muhl, C., Wrede, B., Hielscher-Fastabend, M., y Sagerer, G. (2009). Understanding social robots. En: *2009 Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*. IEEE, pp. 169–174.
- Holtzblatt, K., Wendell, J. B., y Wood, S. (2004). *Rapid contextual design: a how-to guide to key techniques for user-centered design*. Elsevier.
- Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., y Adam, H. (2017). Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. *arXiv preprint arXiv:1704.04861*.
- Jang, M., Kim, J., y Ahn, B.-K. (2015). A software framework design for social human-robot interaction. En: *2015 12th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*. IEEE, pp. 411–412.
- Kim, E. H., Kwak, S. S., y Kwak, Y. K. (2009). Can robotic emotional expressions induce a human to empathize with a robot? En: *RO-MAN 2009-The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. IEEE, pp. 358–362.
- Kramer, S. C., Friedmann, E., y Bernstein, P. L. (2009). Comparison of the effect of human interaction, animal-assisted therapy, and aibo-assisted therapy on long-term care residents with dementia. *Anthrozoös*, **22**(1): 43–57.
- Leite, I., Martinho, C., y Paiva, A. (2013). Social robots for long-term interaction: a survey. *International Journal of Social Robotics*, **5**(2): 291–308.
- Li, H., John-John, C., y Tan, Y. K. (2011). Towards an effective design of social robots. *International Journal of Social Robotics*, **3**(4): 333–335.
- Lohse, M., Siepmann, F., y Wachsmuth, S. (2014). A modeling framework for user-driven iterative design of autonomous systems. *International journal of social robotics*, **6**(1): 121–139.
- Manthorpe, J. y Watson, R. (2003). Poorly served? eating and dementia. *Journal of advanced nursing*, **41**(2): 162–169.
- 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.
- McCurdy, M., Connors, C., Pyrzak, G., Kanefsky, B., y Vera, A. (2006). Breaking the fidelity barrier: an examination of our current characterization of prototypes and an example of a mixed-fidelity success. En: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*. pp. 1233–1242.
- Mihailidis, A., Boger, J. N., Craig, T., y Hoey, J. (2008). The coach prompting system to assist older adults with dementia through handwashing: An efficacy study. *BMC geriatrics*, **8**(1): 1–18.
- Mohan, M. y Kuchenbecker, K. J. (2019). A design tool for therapeutic social-physical human-robot interactions. En: *2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*. IEEE, pp. 727–729.

- Moharana, S., Panduro, A. E., Lee, H. R., y Riek, L. D. (2019). Robots for joy, robots for sorrow: community based robot design for dementia caregivers. En: *2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*. IEEE, pp. 458–467.
- Nazarko, L. (2015). Communicating with people with dementia. *Practice Nursing*, **26**(12): 579–583.
- Nunnally, J. C. y Bernstein, I. (1978). Psychometric theory mcgraw-hill new york. *The role of university in the development of entrepreneurial vocations: a Spanish study*, pp. 387–405.
- Porfirio, D., Sauppé, A., Albarghouthi, A., y Mutlu, B. (2018). Authoring and verifying human-robot interactions. En: *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. pp. 75–86.
- Rouast, P. V., Heydarian, H., Adam, M. T., y Rollo, M. E. (2020). Oreba: A dataset for objectively recognizing eating behavior and associated intake. *IEEE Access*, **8**: 181955–181963.
- Šabanović, S., Bennett, C. C., Chang, W.-L., 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)*. IEEE, pp. 1–6.
- Society, A. (2021). Communicating and dementia.
- Spiel, K., Frauenberger, C., y Fitzpatrick, G. (2017). Experiences of autistic children with technologies. *International Journal of Child-Computer Interaction*, **11**: 50–61.
- Steinfeld, A., Jenkins, O. C., y Scassellati, B. (2009). The oz of wizard: simulating the human for interaction research. En: *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*. pp. 101–108.
- Stockdell, R. y Amella, E. J. (2008). The edinburgh feeding evaluation in dementia scale: Determining how much help people with dementia need at mealtime. *AJN The American Journal of Nursing*, **108**(8): 46–54.
- Thomas, D. W. y Smith, M. (2009). The effect of music on caloric consumption among nursing home residents with dementia of the alzheimer's type. *Activities, Adaptation & Aging*, **33**(1): 1–16.
- Velavan, T. P. y Meyer, C. G. (2020). The covid-19 epidemic. *Tropical medicine & international health*, **25**(3): 278.
- Viola, P. y Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. En: *Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. CVPR 2001*. Ieee, Vol. 1, pp. I–I.
- Warren, J. M., Smith, N., y Ashwell, M. (2017). A structured literature review on the role of mindfulness, mindful eating and intuitive eating in changing eating behaviours: effectiveness and associated potential mechanisms. *Nutrition research reviews*, **30**(2): 272–283.

- Watson, R. y Deary, I. J. (1994). Measuring feeding difficulty in patients with dementia: multivariate analysis of feeding problems, nursing intervention and indicators of feeding difficulty. *Journal of Advanced Nursing*, **20**(2): 283–287.
- Watson, R. y Deary, I. J. (1997). Feeding difficulty in elderly patients with dementia: confirmatory factor analysis. *International journal of nursing studies*, **34**(6): 405–414.
- Weiss, A., Bernhaupt, R., Lankes, M., y Tscheligi, M. (2009). The usus evaluation framework for human-robot interaction. En: *AISB2009: proceedings of the symposium on new frontiers in human-robot interaction*. Citeseer, Vol. 4, pp. 11–26.
- Woods, S. N., Walters, M. L., Koay, K. L., y Dautenhahn, K. (2006). Methodological issues in hri: A comparison of live and video-based methods in robot to human approach direction trials. En: *ROMAN 2006*. pp. 51–58.
- Ye, X., Chen, G., y Cao, Y. (2015). Automatic eating detection using head-mount and wrist-worn accelerometers. En: *2015 17th International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom)*. IEEE, pp. 578–581.
- Yu, R., Hui, E., Lee, J., Poon, D., Ng, A., Sit, K., Ip, K., Yeung, F., Wong, M., Shibata, T., et al. (2015). Use of a therapeutic, socially assistive pet robot (paro) in improving mood and stimulating social interaction and communication for people with dementia: Study protocol for a randomized controlled trial. *JMIR research protocols*, **4**(2): e4189.

## **Anexo**

### **.1. Guión de entrevistas**

¿Cuáles son los problemas disruptivos de alimentación en personas con demencia y cómo se manejan?

Versión cuidador del centro

#### **Presentación**

Buenos días/tardes, mi nombre es Misael Astorga, soy alumno de la maestría en ciencias de la computación en CICESE. En conjunto con mi asesor, el Dr. Jesús Favela, realizo un estudio para entender algunos de los síntomas psicológicos de la demencia y desarrollar tecnología que ayude a cuidadores en el manejo de estos comportamientos. El propósito de la entrevista es conocer de su experiencia como cuidador, los problemas de comportamiento con los que se ha enfrentado, principalmente relacionados con la alimentación y las estrategias que utiliza para manejarlos

#### **Instrucciones**

La información que me brinde será para uso exclusivo del estudio y sus respuestas serán analizadas de forma anónima. Usted tiene la libertad de terminar la entrevista si así lo desea o negarse a responder cualquier pregunta con la que no se sienta cómodo(a). Para propósitos del estudio grabaré la entrevista. Si está de acuerdo en continuar favor de decir en voz alta lo siguiente: Estoy de acuerdo. Por favor responda a las preguntas de acuerdo con su propia experiencia. Si gusta, podemos empezar.

1. ¿Cuál es tu rol tratando personas con demencia?

2. ¿Cuánto tiempo tiene tratando a personas con demencia?

3. ¿Me podría describir, en forma general, las actividades que realizan en el centro/estancia donde trabaja?

4. ¿Está involucrado con los cuidados que se le dan al residente? ¿Cuales?

5. ¿Apoya a personas con demencia en su alimentación?

5. Por el tiempo y su experiencia, me podría mencionar si ha notado cambios significativos en la dieta de la persona con demencia? por ejemplo, preferencias por la comida, disminución en su capacidad y habilidad para alimentarse por sí solos, falta o ausencia de apetito o lo contrario un aumento de apetito.

6. ¿En algún momento los adultos con demencia tienen que alimentarse por sí mismo? ¿Percibes diferencias cuando esto pasa?

7. ¿Has notado que las personas con demencia se distraen al momento de la ingesta de alimentos? ¿Nos puedes comentar alguna escena que recuerdes? ¿Qué hacen cuando esto sucede? ¿Funciona?

8. ¿Las personas que has tratado en ocasiones se han negado a comer? ¿Qué tan frecuente es este comportamiento?

9. ¿Qué tan frecuentemente la causa de dolores bucales hace que el adulto con demencia se niegue a comer?

10. ¿Las personas con demencia han presentado dificultades o comportamientos agresivos al momento de alimentarse?

- 10.1 ¿Cuáles son?

- 10.2 ¿En qué escenas se presentan?

- 10.3 ¿Qué tan frecuentes son?

- 10.4 ¿A qué crees que se deben estos comportamientos?

- 10.5 ¿Crees que estos comportamientos han aumentado con el tiempo?

- 10.6 ¿Percibes que los malos comportamientos alimenticios son causados para llamar la atención?

- 10.7 ¿Consideras que hay una relación entre ansiedad y alimentación que pueda afectar la dieta de los residentes ?

- 10.8 ¿Has percibido que las personas con demencia se confunden o incluso tienen una incapacidad de reconocer alimentos o sabores ?

- 10.9 Nos podrías compartir algún recuerdo de alguna escena donde se presenten este tipo de comportamientos disruptivos

11. ¿Has notado algún cambio en el estado de ánimo y conducta de la persona con demencia al momento de comer? ¿Lo podrías describir? ¿Existió algún detonador?

12. ¿Cuales son las causas más frecuentes que evitan que el adulto con demencia tenga una alimentación adecuada?

13. ¿Podrías describir el lugar donde frecuentemente ingieren alimentos las persona con demencia (iluminación, locación, situación social - en grupo, solo etc)?

14. ¿Nos podrías describir físicamente (color, forma, etc) los componentes de la vajilla con los que se alimenta frecuentemente a la persona con demencia?.

15. ¿Percibes que las personas con demencia olvidan las técnicas básicas de alimentación? ¿Nos podrías mencionar por qué piensas eso?

16 ¿Percibes que la persona con demencia en ocasiones no utiliza correctamente los utensilios para la comida ? ¿Nos podrías mencionar por qué piensas eso?

17. Cuando las personas con demencia presentan malos comportamientos a la hora de alimentarse, ¿cómo intervienen para erradicarlos?

18. ¿Y eso ha funcionado? ¿Por qué lo piensas?

19. ¿Has tomado alguna capacitación o leído información sobre cómo intervenir para erradicar estos comportamientos?

- 19.1 ¿Cómo te informaste?
- 19.2 Nos podrías comentar como fue el proceso de capacitación si existió alguno
- 19.3 ¿Qué aprendiste para erradicar estos comportamientos?

20. ¿Qué estrategias usas para motivar a las personas con demencia para que coman? ¿Percibes que funcionó?

21. ¿En ocasiones utilizas música para ayudar con los malos comportamientos durante la comida? ¿Qué tipo de música? ¿Percibes que fue de ayuda?

22. ¿Dan capacitación o recomendaciones a los familiares sobre cómo alimentarlos en casa?

24. Con el regreso del funcionamiento del centro post pandemia de Covid-19 ¿Cómo han cambiado los protocolos?

25. ¿Han cambiado los protocolos de alimentación?¿Como?

26. ¿Cómo ha percibido el regreso de los adultos al centro?

27. ¿Dieron algún tipo de apoyo a los familiares durante la pandemia para cuidar de las personas con demencia? Por ejemplo, charlas por zoom? enviarles folletos? ligas a videos?

### **Despedida**

Te agradezco tu colaboración en este estudio. Si sabes de más personas que podrían apoyar en el estudio te agradeceré si me puedes dar su contacto. ¡Muchas gracias!.

## .2. Viñetas

<p>El robot sugiere que música escuchar mientras come</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eva detecta que le han servido la comida a Roberto, quien empieza a comer</li> <li>2. Al pasar unos minutos, el robot le pregunta a Roberto: “Roberto, ¿Te gustaría escuchar música de los panchos mientras comes?”</li> <li>3. Roberto responde: “Si, me gusta esa canción”</li> <li>4. El robot reproduce “Sabor a mí - Los panchos”</li> <li>5. Roberto sigue comiendo mientras disfruta de la música</li> </ol>
<p>El robot acompaña al adulto mayor con demencia mientras se alimenta en casa</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El familiar sirve el plato de comida a Roberto</li> <li>2. El familiar dice: “Papá, aquí le dejo su sopa de mariscos, tengo una junta por videoconferencia, al ratito nos vemos, aquí te dejo con Eva”</li> <li>3. El robot comienza el diálogo, “Roberto, que rica se ve la sopa de mariscos que te prepararon”</li> <li>4. Roberto responde, “Si, se ve muy rica mi sopa” y empieza a comer</li> </ol>
<p>Al adulto mayor con demencia no le gusta la comida porque esta fria</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El robot detecta que Roberto no está comiendo, y dice: “Roberto, que rico el caldo de pollo que te sirvieron, deberías probarlo”</li> <li>2. Después de unos segundos el robot detecta que Roberto sigue sin comer y le dice: “Roberto, ¿por qué no comes?”</li> <li>3. Roberto: “El caldo está frío, Eva”</li> <li>4. El robot pregunta: “¿Te gustaría que te lo calienten?”</li> <li>5. Roberto: “Si, está muy frío”</li> <li>6. Eva: “Muy bien, ahora le digo a tu hijo”</li> <li>7. El robot notifica al hijo que Roberto tiene un problema mientras se alimenta.</li> <li>8. El familiar llega a la mesa y pregunta: “¿Qué sucede?”</li> <li>9. Eva contesta: “El caldo está frío”</li> <li>10. El familiar contesta: “Ahora lo caliento más”, toma el plato y se lo lleva.</li> </ol>

<p>El robot controla la musica del adulto mayor con demencia mientras come</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Roberto come mientras se reproduce "Sombras - Javier Solis" de fondo</li> <li>2. Roberto comienza a cantar la canción, por lo que deja de alimentarse</li> <li>3. Eva detecta que el adulto mayor deja de comer</li> <li>4. Eva cambia el tipo de música a algo más relajante y diciendo, "Roberto, es hora de comer, te voy a poner música instrumental"</li> <li>5. El adulto mayor retoma su alimentación</li> </ol>
<p>El robot proporciona una conversacion previa para estimular el apetito</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El robot tiene el conocimiento previo de que la comida se sirve a la 1 pm.</li> <li>2. 10 minutos antes Roberto se sienta a la mesa y Eva le dice, "Roberto, ya casi es hora de la comida, ¿tienes hambre?"</li> <li>3. Roberto contesta: "Si como que ya me está dando un poco de hambre"</li> <li>4. El robot contesta: "¿No se te antoja un pozole?"</li> <li>5. Roberto contesta: "Si, fíjate que si se me antoja, con aguacatito y todo"</li> <li>6. Eva: "Bien, en 10 minutos comemos, por lo pronto te pongo un poco de música para cantar"</li> <li>7. Eva pone "Solamente una vez" de Agustín Lara</li> <li>8. Transcurridos los 10 minutos, llevan a la mesa de Juan un plato con pozole</li> <li>9. Roberto empieza a comer el pozole</li> </ol>
<p>El robot sirve como mediador por ejemplo cuando la persona quiere comer mucha comida no saludable</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Roberto deja de comer y dice: "Ya no quiero sopa, quiero una hamburguesa"</li> <li>2. Hijo: "Papá, el médico te recomendó comer menos carne roja"</li> <li>3. Roberto: "quiero una hamburguesa!"</li> <li>5. Eva: "Roberto, la sopa que te preparó tu hijo está muy rica. Come hoy la sopa y mañana comemos hamburguesa"</li> <li>6. Roberto: "De acuerdo, mañana hamburguesa" y empieza a comer</li> </ol>

### .3. Cuestionario de evaluación a stakeholders

## Evaluación de Robot Eva como acompañante en la alimentación del adulto con demencia en casa

Instrucciones: Visualice cada video y a continuación responda las preguntas que se sitúan debajo.

Al finalizar todos los videos se mostraran preguntas adicionales en las cuales se le pedirá responder desde una perspectiva de cuidador y desde una perspectiva de adulto mayor

Next

Page 1 of 18

#### Información demográfica

Genero con el cual se identifica

- Mujer
- Hombre
- Prefiero no decirlo

Edad

- 18-25
- 26-30
- 31-35
- 36-40
- 41-45
- 46-50
- 51-55
- 56-60
- 61-65
- 66-70
- Mas de 70

Cuidas actualmente o has cuidado a una o más personas con demencia?

Choose ▼

Eres un: \*

- Cuidador formal (Empleado por algún centro o persona particular)
- Cuidador informal (Amigo o familiar que cuida a la persona con demencia)
- Other: \_\_\_\_\_

La(s) persona(s) con demencia que has cuidado han experimentado en algún momento problemas para alimentarse como:

- Se distrae
- No le gusta la comida
- Tira la comida
- Se rehúsa a tragar
- Quiere comer a horas inadecuadas
- Other: \_\_\_\_\_

Desde hace cuanto tiempo cuidas de una o más personas con demencia

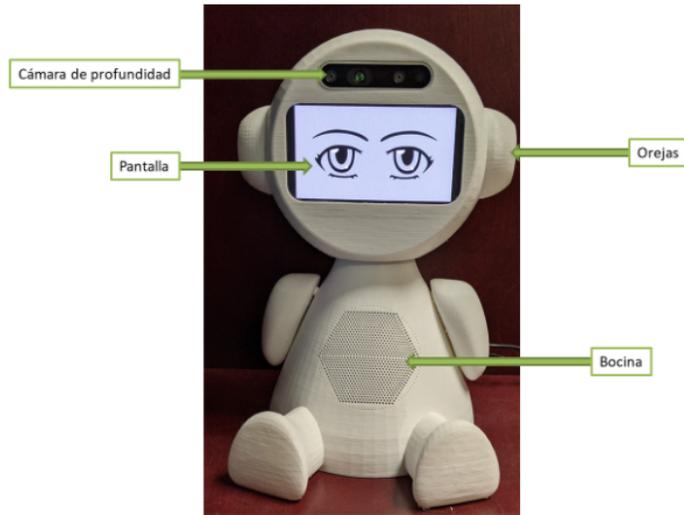
- No lo hago actualmente
- Desde hace 6 meses
- 6 meses a 1 año
- 1-2 años
- 3-5 años
- 5-10 años
- Mas de 10 años

#### Acerca de la persona

La persona en el videos que se mostraran a continuación es Juan, un adulto mayor con demencia moderada. Es muy independiente pero tiene problemas de memoria y a veces presenta un poco de ansiedad. Vive con su hijo Roberto quien cuida de él, pero trabaja desde casa y no siempre tiene el tiempo para atenderlo. Por ejemplo, no siempre puede comer con él, o acompañarlo mientras come, sobre todo si tarda mucho en hacerlo. La familia empezó a usar el robot Eva hace pocas semanas para ayudar en el cuidado del señor Juan.



### Acerca del Robot Eva



**Cámara de profundidad:** Puede reconocer al adulto que tiene de frente, cuando le sirven su alimento y puede reconocer cuando el adulto con demencia deja de alimentarse o se levanta de su asiento.

**Orejas:** Puede escuchar lo que dice el adulto mayor

**Bocina:** Con la bocina puede comunicarse con el adulto mayor y reproducir canciones

**Pantalla:** Puede mostrar emociones mientras habla y puede reproducir videos

El robot utiliza técnicas de Inteligencia Artificial para entender lo que dice el adulto mayor y decidir como contestar

## Escenario 1: Bienvenida e inicio de comida



¿El escenario refleja una situación real en la alimentación de un adulto mayor con demencia? \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

¿La estrategia usada por el robot para afrontar la situación es adecuada? \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Si tienes algún comentario sobre la situación o la estrategia usada por el robot, indicado aquí

Your answer

---

Para contestar estas preguntas ponte en el papel de un familiar o amigo que cuida al adulto mayor con demencia y contesta desde esa perspectiva

Creo que el Robot es útil para el adulto que tiene demencia \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Me resultaría conveniente tener el robot \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Si tuviera el robot, lo usaría \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Percibo que el robot es fácil de usar \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Creo que puedo usar el robot sin ayuda \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Creo que aprendería rápidamente a usar el robot \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Recomendaría el uso del robot a otras personas que cuidan a familiares con demencia \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Si tienes algún comentario adicional sobre la utilidad del robot y/o su facilidad de uso para cuidadores informales agrégalo aquí

Your answer

[Back](#)

[Next](#)

Page 15 of 18

Para contestar estas preguntas ponte en el papel de un adulto mayor con demencia y contesta desde esa perspectiva

Encuentro que el robot es agradable \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

El robot me parece aburrido \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Disfrutaria que el robot me hable \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

El robot me parece fascinante \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Siento que el robot me comprende \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Considero al robot un compañero de conversación agradable \*

- Completamente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Completamente de acuerdo

Me parece agradable interactuar con el robot \*

Completamente en desacuerdo

En desacuerdo

Neutral

De acuerdo

Completamente de acuerdo

---

Pienso que el robot es amable \*

Completamente en desacuerdo

En desacuerdo

Neutral

De acuerdo

Completamente de acuerdo

---

Si tienes algún comentario adicional sobre la utilidad del robot y lo agradable que podría resultara un adulto mayor con demencia agrégalo aquí:

Your answer

---

[Back](#) [Next](#) Page 16 of 18

#### .4. Enlaces a videoclips

##### **Hacer clic para desplazarse al vídeo de la interacción.**

Interacción: 1 Bienvenida e inicio de comida

Interacción 2: AL AM no le gusta la comida porque está fría

Interacción 3: El AM se distrae y se levanta de la mesa

Interacción 4: El robot sugiere que música escuchar mientras come

Interacción 5: El robot controla la música del AM mientras come

Interacción 6: El robot acompaña al AM mientras se alimenta en casa

Interacción 7: El robot proporciona una conversación previa para estimular el apetito

Interacción 8: El robot sirve como mediador por ejemplo cuando la persona quiere comer mucha comida no saludable