

i-Teddy: Exploración de la Robótica Terapéutica a Través de la Terapia con Muñecos para Mejorar la Interacción Humana

i-Teddy: Exploring Therapeutic Robotics through Doll Therapy to Enhance Human Interaction

Ana B. Gil-González

Dpto. de Informática y Automática
Bisite Research Group
Universidad de Salamanca
Salamanca, España
abg@usal.es

Sergio Márquez Sánchez

Bisite Research Group, Air Institute, IoT
Digital Innovation Hub
Salamanca, España
smarquez@usal.es

Juan Manuel Corchado

Dpto. de Informática y Automática
Bisite Research Group
Universidad de Salamanca
Salamanca, España
corchado@usal.es

Recibido: 21.10.2023 | Aceptado: 01.12.2023

Palabras Clave

Interacción Persona-Ordenador (IPO)
Sistemas y herramientas interactivos
Sistemas de información sanitaria
Robótica de asistencia social
Muñecoterapia
Roboterapia
Computación afectiva

Resumen

Se ha demostrado que la terapia con muñecos tiene múltiples beneficios en las personas con demencia, como la reducción de los síntomas psicológicos y conductuales, el aumento de la motivación y la iniciativa, la mejora de las habilidades comunicativas y el bienestar, el mantenimiento de las capacidades cognitivas y psicomotoras, así como el fomento de la autonomía y el empoderamiento del usuario. En general, esta terapia puede mejorar significativamente la calidad de vida de las personas con demencia y ayudarles a mantener sus conexiones con el entorno. Este trabajo describe un prototipo de muñeco terapéutico, que hemos llamado i-Teddy. Dicho prototipo incorpora diferentes elementos de sensorización que permiten proponer una herramienta útil, de bajo coste y muy versátil para abordar diferentes patologías para llevar a cabo programas diseñados por médicos, enfermeras y trabajadores sociales en la aplicación de terapias no farmacológicas. Asociado al peluche, se diseñó una aplicación móvil para que los especialistas pudieran programar dicho muñeco en función de las características personales de los usuarios y facilitase a los profesionales la generación de informes. El prototipo desarrollado, muestra que es posible el abordaje de modelos de terapia no farmacológica uniendo tres campos muy importantes: la Robótica terapéutica o roboterapia con la muñecoterapia o Doll Therapy en inglés y la computación afectiva

Keywords

Human-centered computing (HCI)
Interactive systems and tools
Health care information systems
Social Assistive Robotics
Doll Therapy
Robototherapy
Affective Computing

Abstract

Doll therapy has been shown to have multiple benefits for people with dementia, such as reducing psychological and behavioral symptoms, increasing motivation and initiative, improving communication skills and well-being, maintaining cognitive and psychomotor abilities, and promoting user autonomy and empowerment. Overall, this therapy can significantly improve the quality of life of people with dementia and help them to maintain their connections with the environment. This paper describes a prototype of a therapeutic doll named i-Teddy. This prototype incorporates different sensorization elements that allow us to propose a useful, low-cost, and versatile tool to address different pathologies to implement programs designed by doctors, nurses, and social workers in the application of non-pharmacological therapies. Associated with the plush toy, a mobile application was designed so that specialists could program the doll according to the personal characteristics of the users and facilitate the generation of reports for professionals. The prototype developed shows that it is possible to approach non-pharmacological therapy models by joining three very important fields: therapeutic robotics or robototherapy with doll therapy, and affective computing.

1. Introducción

Uno de los principales retos a los que nos enfrentamos en las enfermedades relacionadas con patologías del envejecimiento, o cualquier otra patología que implique un deterioro de las funciones cognitivas, es la necesidad de controlar determinadas conductas de riesgo que pueden afectar tanto al paciente como a las personas de su entorno. Hasta la fecha, el único abordaje de estas conductas de riesgo ha sido clínico, mediante la administración de fármacos, incluyendo grandes dosis de analgésicos, que pueden resultar perjudiciales para el paciente al empeorar su calidad de vida y anular su identidad y personalidad. Por lo tanto, es necesario explorar y mejorar las estrategias para reducir la dependencia de los sedantes y fomentar las habilidades cognitivas y afectivas en estos pacientes.

Doll Therapy o terapia con muñecos (Ng, Q.X. *et al.*, 2012) es un modelo de terapia no farmacológica creado por Anne Burnnet, directora de *The Limes Care Home*, un centro para pacientes con demencia en Estados Unidos. Esta terapia con muñecos, hace uso la teoría del apego de Bowlby (Bowlby, 1988), en la que en momentos de estrés o ante estímulos amenazantes se genera un impulso de una figura de proximidad para buscar seguridad, generando un conjunto interconectado de sistemas conductuales que moldean colectivamente el comportamiento. Entre ellos se incluyen los sistemas conductuales de apego, cuidado y exploración como una forma de trabajar complementaria a la terapia farmacológica y cuyo objetivo, en este trabajo, es ayudar a mejorar enfermedades o síntomas asociados a la demencia. Según sus creadores, podría ser útil para la reducción de sedantes y otros fármacos, por lo que se encuentra entre las terapias complementarias más útiles para la estabilización de dosis farmacológicas en enfermedades del envejecimiento, con síntomas emocionales y conductuales como la demencia agitada o la enfermedad de Alzheimer (Ng, Q.X. *et al.*, 2012; Cai, X., *et al.*, 2021; Mitchell & O'Donnell, 2013).

En una entrevista concedida al periódico *The Guardian* (Learner, S., 2013), Burnnet afirmó haber dado con este innovador tratamiento por casualidad porque, según explica, "los pacientes con demencia suelen experimentar episodios de regresión al pasado, en los que confunden sus viejos recuerdos con el presente. Durante estos episodios, suelen encontrarse muy desorientados y agitados si se les intenta devolver al presente".

Burnnet explicó un caso concreto que reflejaba muy bien esta idea: "Una vez, estaba trabajando con una mujer mayor que había perdido un hijo cuando era joven y siempre acababa gritando a su bebé, preguntando por él, lamentándose por él. Un día, le dimos un osito de peluche durante uno de sus episodios y se calmó. Lo más impresionante es que desde entonces está tranquila y feliz. Poco a poco, nos dimos cuenta

de que ocurría lo mismo con otros pacientes, fueran hombres o mujeres".

Caroline Baker, responsable de calidad y atención a la demencia en *Four Seasons Health Care*, también explicaba en ese artículo su experiencia con esta terapia añadiendo que "incluso los profesionales médicos y el personal asistencial estaban preocupados al principio, comentando que el uso de muñecos era "infantil", "totalmente degradante" y "condescendiente". Unas semanas después, los beneficios eran evidentes. Los pacientes habían reducido los comportamientos erráticos, estaban más tranquilos y mejoraban la comunicación y el habla cuando interactuaban con sus muñecos y con otros pacientes".

Actualmente se están explorando nuevos enfoques de este tipo de terapias no farmacológicas de forma multidisciplinar, desde la medicina y la psicología con una fuerte inclusión en los últimos años de la tecnología. En este contexto, se están aplicando diferentes tratamientos no farmacológicos para la demencia, como las terapias musicales, ocupacionales y con animales.

El artículo comienza con esta breve introducción. El punto dos hará una contextualización más detallada de soluciones comerciales relacionadas con la muñecoterapia en entornos médicos. El tercer punto hace una descripción de la arquitectura, con especial detalle de la electrónica empleada en el desarrollo del prototipo, así como la descripción de elementos de la funcionalidad de la aplicación y aspectos relevantes de la interfaz. Finalizaremos con unas conclusiones al trabajo y unas líneas de actuación futuras.

2. Motivación y trabajos relacionados

La terapia con muñecos, como se describe en la introducción, puede dirigir la atención de una persona que sufre demencia o enfermedades similares a una tarea tan sencilla como prestar mera atención a un muñeco (Mitchell *et al.*, 2016). Junto con la terapia robótica, la psicología robótica se plantea como una nueva área de investigación que utiliza un enfoque sistemático para el estudio de los aspectos psicofisiológicos, psicológicos y sociales de la comunicación entre humanos y robots.

La roboterapia es una técnica terapéutica que utiliza robots para interactuar con los pacientes y mejorar su bienestar físico, emocional o cognitivo (Libin, 2003). Esta técnica se utiliza en diversas áreas de la medicina, como la rehabilitación, la psicología y la geriatría, y su objetivo es mejorar la calidad de vida de los pacientes y facilitar su recuperación (Márquez-Sánchez, S., *et al.*, 2020). Se han realizado muchos estudios sobre esta técnica, algunos de los cuales detallamos a continuación.

En (Feil-Seifer & Mataric. 2008; Kouroupa, A., *et al.*, 2022) se presentó una revisión sistemática y un metaanálisis de estudios

que evaluaban el uso de los efectos sociales de la interacción humano-robot (HRI) en la terapia de niños con trastornos del espectro autista (TEA). Los estudios que evaluaron el uso de robots en la rehabilitación tras accidentes se presentaron en (Norouzi-Gheidari, N., P.S. Archambault, & J. Fung, 2021; Moggio, L., *et al.*, 2022). En (Scoglio, A.A., *et al.*, 2019) una revisión sistemática y un metaanálisis de 12 estudios evaluaron el uso de robots de asistencia social (RAS) en la investigación sobre salud mental. En (González-González, C.S., V. Violant-Holz & R.M. Gil-Iranzo, 2021) se presentó una revisión sistemática de la aplicación de los denominados robots sociales en hospitales, donde la mayoría de las iniciativas y proyectos estaban al servicio de ancianos y niños y, en particular, destinados a combatir enfermedades como la demencia, el trastorno del espectro autista (TEA), el cáncer y la diabetes.

En general, estos estudios sugieren que la roboterapia tiene potencial para mejorar la eficacia y eficiencia de la terapia en diversos entornos sanitarios. Sin embargo, es necesario seguir investigando para comprender mejor cómo puede integrarse la roboterapia en la asistencia sanitaria y mejorar la experiencia de los pacientes y los profesionales sanitarios. Por ello, nuestra propuesta incorpora aspectos de sensorización a la terapia con muñecas con las siguientes características.

2.1 Terapias sensorizada con muñecos

Los estudios revisados muestran que la terapia con muñecos como agente no farmacológico sirve como fuente de apoyo emocional y estimulación para la persona, y puede ayudar a reducir la agitación y la ansiedad. La incorporación de sensores a los muñecos mejorará esta terapia. Por ejemplo, los sensores pueden detectar cuándo se coge o abraza a un muñeco y responder con suaves sonidos o vibraciones para proporcionar una estimulación sensorial adicional. Algunos muñecos también tienen sensores que detectan el movimiento y responden a su vez a movimientos o gestos, lo que puede resultar atractivo para la persona que lo utiliza. La robótica asistencial (RA) hizo su aparición integrando la robótica con la inteligencia artificial y las técnicas de aprendizaje automático para dar respuesta a este problema y con el objetivo primordial de promover con éxito el bienestar y la autonomía de las personas con discapacidad. Esta integración logra el desarrollo de robots inteligentes teniendo en cuenta las necesidades de la sociedad.



Figura 1: Dispositivos electrónicos comerciales para muñecoterapia sensorizada en salud

Existen varios productos comerciales que combinan la terapia con muñecos en el ámbito de la salud, algunos de ellos sensorizados. Algunos ejemplos son:

Joy for All Companion Pets, mostrado en la figura 1(b) (Google1, s.f.)). Se trata de mascotas interactivas robóticas. Estas mascotas realistas vienen en varias modelos, incluidos gatos y perros, y cuentan con sensores que responden al tacto y al movimiento mediante movimientos y sonidos realistas.

GeriJo, mostrado en figura 1(c) (Google2, s.f.)). GeriJoy es nace de un startup del MIT que crea acompañantes virtuales para personas mayores. Este producto, un asistente virtual con forma de perro, combina un muñeco realista con un software de compañía virtual que utiliza inteligencia artificial para ofrecer al usuario una conversación y un compromiso personalizados. Su objetivo final es mejorar la salud mental a través de la terapia con mascotas y reforzar las relaciones hablando de fotos familiares, noticias y recuerdos

My Special Aflac Duck, mostrado en la figura 1(a) (Google3, s.f.)). Este pato robótico se diseñó para ayudar a los niños con cáncer a afrontar su tratamiento a través de una asociación filantrópica, Aflac, en E.E.U.U. Sus inicios se remontan a 1995. Incorpora sensores que responden al tacto y al movimiento, y proporciona apoyo emocional a través del juego interactivo y la comunicación.

2.2 Una reflexión y una propuesta

El análisis de los mecanismos subyacentes a las distintas formas de interacción con dichos muñecos requiere tanto una metodología adecuada como herramientas de investigación especializadas, más aún cuando, como resulta en el escenario presentado en este proyecto, el usuario tiene limitaciones motoras o capacidades cognitivas crónicas o degenerativas. Interacción hombre-robot en robótica social (Kanda, T. & H. Ishiguro, 2017) explora cuestiones importantes en el diseño de un sistema robótico de este tipo que trabaje con personas en entornos cotidianos.

Algunos aspectos funcionales para el uso del prototipo son que debe ser capaz de llevar a cabo programas terapéuticos diseñados por médicos, enfermeras y trabajadores sociales de forma flexible (Desideri *et al.*, 2019). Entre las premisas terapéuticas, se valoraron todas aquellas que permiten trabajar patrones a nivel:

- Cognitivo con especial interés en aspectos de atención, memoria, reminiscencia, etc.,
- Físico funcional sobre distintos aspectos como lateralidad, esquema corporal, etc.
- Afectivo y emocional, a través de expresiones de emociones positivas, la parte sensorial, con estimulación táctil, auditiva y visual, y por último.
- Psicosocial, mediante la interacción con otros usuarios o la relajación, entre otras técnicas.

Además, su diseño debe considerar aspectos afectivos, incluyendo elementos manipulativos y adaptativos, para abordar elementos de personalización con el paciente.

A continuación, describiremos el prototipo desarrollado en base a las necesidades detectadas.

3. Visión general de I-Teddy

Como resultado del trabajo, se creó un prototipo de muñeco hecho a mano con tejidos de alta calidad que incorporaba sensorización y una app para su manejo (Márquez-Sánchez *et al.*, 2023) Este prototipo incorpora una electrónica totalmente imperceptible por los usuarios, proporcionando una sensación más realista, ya que los usuarios pueden interactuar de forma oral y táctil con el dispositivo, así como a través de su movimiento, que actuará mediante luces, sonidos y vibración, permitiendo establecer vínculos emocionales con el peluche.



Figura 2: Prototipo del peluche acabado.

La diferencia fundamental del prototipo es que permite la aplicación de terapias flexibles y personalizadas. El primer prototipo se muestra en la figura 2, puede reconocer, interpretar y procesar las emociones humanas porque su diseño incorpora técnicas de computación afectiva (Gervasi, R., *et al.*, 2022). Así, para cada terapia y usuario, se puede incorporar al muñeco una máquina de estados (reposo, feliz, dolor (pulso alto, sonido de llanto), cansado, calmante, chupete, etc.) en función de los parámetros de sensorización tanto de entrada como de salida.

Como peluche terapéutico, la composición de sus tejidos también tiene un efecto emocional, basado en sensaciones gratificantes y satisfactorias. Para todas las partes de interacción táctil, se integraron un hilo conductor y un tejido conductor compuesto de partículas de acero inoxidable. Por último, el prototipo se diseñó para facilitar la limpieza y el lavado del peluche.

3.1 Electrónica y sensores del prototipo

El peluche tiene un diseño de fácil manejo y una integración de elementos electrónicos multisensoriales, de forma que no sean perceptibles para los usuarios, ocultos según se muestra en las figuras 2 y 3.

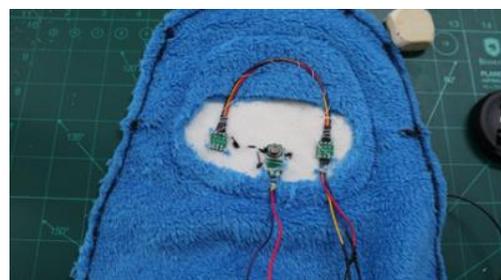


Figura 3: Detalle de la electrónica insertada.

El núcleo, mostrado en la figura 4, está formado por un microcontrolador capaz de procesar toda la información procedente de los sensores del peluche, permitiendo la

incorporación de información en tiempo real a un conjunto de escenarios/modelos.



Figura 4: prototipo de PCB desarrollada.

El peluche incluye el reconocimiento de estímulos externos producidos por el usuario mediante los siguientes cuatro sensores y utilidades descritos a continuación:

1. IMU (An Inertial Measurement Unit). Se ha utilizado una Unidad de Medida Inercial con la que se han configurado interrupciones para reconocer diferentes estímulos como movimientos suaves o caídas.
2. Sensor táctil. Para detectar la interacción entre el usuario y el peluche se ha utilizado un cable conductor conectado a unos pines capacitivos de la placa.
3. Micrófono. El uso de entradas de sonido, permiten la detección de posible agitación por parte del usuario y detección del contexto.
4. Cargador de batería. Este dispositivo dispone de un circuito de carga insertado en el muñeco.

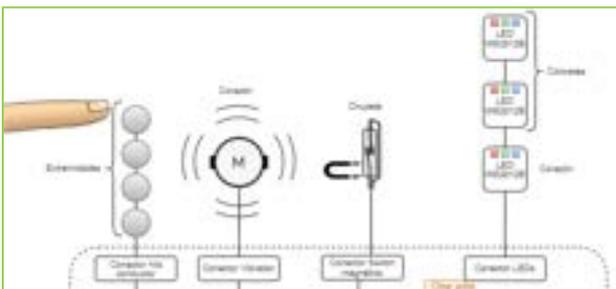


Figura 5: Detalle de los actuadores de i-Teddy.

Así diseñado, el peluche reacciona a diferentes estímulos asociados al tacto, movimiento, etc. utilizando los siguientes componentes de accionamiento:

1. Vibrador. Permitirá generar patrones que acompañen como elementos importantes en las terapias. Entre otras funcionalidades permite emular el "pulso cardíaco" con valores entre 20 y 150 pulsaciones por minuto dependiendo del estado emocional del paciente.
2. LEDs RGB. Ubicados en las mejillas y el corazón; la zona se ilumina de acuerdo a las emociones de felicidad o enojo, como detalla la figura 5.
3. Altavoz: Para la captura y reproducción de sonidos realistas, posibilidad de incluir sonidos, fragmentos de voz y música personalizados para el usuario.

Todas estas funciones se programan automáticamente en el peluche de forma que, por ejemplo, tras una interacción, el peluche sonroja sus mejillas mediante LEDs o hace latir su corazón o llora si le quitan el chupete o deja de hacerlo si se le vuelve a colocar. Además, también tenemos la posibilidad de activar este comportamiento desde la App Móvil, diferenciándonos así de cualquier producto similar al integrar varias funciones nunca antes vistas en este tipo de proyectos y cuyo resumen de arquitectura muestra la figura 6.

Para el procesamiento de datos se ha utilizado una unidad microcontroladora (MCU) con arquitectura *Advanced RISC Machine* (ARM) y capacidad multihilo, que incluye la funcionalidad *Real-Time Clock* (RTC) para ejecutar eventos periódicamente y en tiempo real.

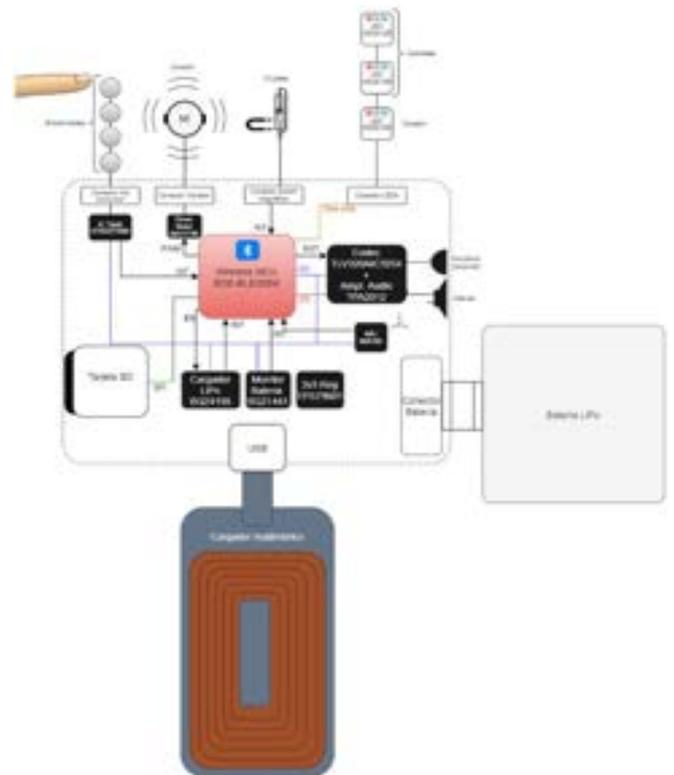


Figura 6: Arquitectura electrónica del prototipo i-Teddy.

El dispositivo dispone de un módulo de comunicación inalámbrica entre el dispositivo y el smartphone con el objetivo de monitorizar los datos a través de la app. Para comunicar dichos datos con el mínimo coste de consumo, se ha utilizado el protocolo Bluetooth de bajo consumo (BLE).

La arquitectura de sensorización del sistema propuesto basada en los requisitos funcionales especificados se particulariza a través de los componentes, que a continuación detallamos.

Como base se ha optado por la utilización del módulo BDE-BLE205M de la empresa BDE, que incorpora el MCU CC2642R del fabricante Texas Instruments. Este microcontrolador tiene las siguientes características:

- ARM Cortex M4F (32 bit, multi thread, RTC, ultra low power sleep mode...)
- Protocolo de comunicación inalámbrica Bluetooth 5.1 (incluye BLE)
- 352 KB de memoria Flash, 80 KB de memoria RAM
- Soporte para Over-the-Air upgrade (OTA), de modo que permite comunicar, reconfigurar y gestionar los dispositivos y las SIM sin tener que acceder físicamente a ellos, haciendo uso de la red.
- 12-bit ADC 8-channel, 2 UART, 4 SP I (interfaz periférica serial), 4 timers, 8-bit DAC, I2C, I2S
- 31 GPIO (General Purpose Input/Output, Entrada/Salida de Propósito General)

Además, es un módulo previamente certificado (BQB, FCC, CE y RoHS) y que incluye una antena de PCB. Nos hemos basado en el proyecto Simple Peripheral OAD on-chip proporcionado en el SDK de TI para dicho MCU, con las características técnicas descritas.

Se ha seleccionado un Codec de audio TLV320AIC3254 y un amplificador de audio TPA2012D2 basándonos en la placa de evaluación de Texas Instruments CC3200 Audio BoosterPack. Esta decisión ha sido tomada para mantener la opción de ensamblaje de micrófono en futuras versiones del producto; así como debido a la existencia de ejemplos proporcionados por TI para el uso de dicho Codec (i2secho), utilizando el MCU CC2642R, en los que poder basarnos para la implementación de la funcionalidad de audio. Se configura mediante I2C y el audio es transmitido entre el microcontrolador y el códec mediante el uso del protocolo de comunicación de audio I2S.

Se ha optado por almacenamiento SD para guardar las pistas de audio, basado en el ejemplo del SDK proporcionado por TI para lectura de datos desde una tarjeta SD (fatsd).

Se ha escogido el uso de un cargador de batería BQ24195 y un monitor de batería BQ27441 con los que poder gestionar la carga y el nivel de una batería LiPo de una celda de forma segura y pudiendo acceder a información relevante sobre la carga o el estado de la batería mediante una comunicación I2C.

Se pueden adaptar las bibliotecas open-source disponibles para Arduino (Biblioteca BQ24195 y biblioteca BQ27441).

El IMU escogido para el prototipo es el IMU BMI160, que integra un acelerómetro y un giroscopio triaxiales, es de bajo consumo y dispone de una biblioteca mantenida y actualizada por el fabricante Bosch. Posee una serie de interrupciones programables que nos sirven para reconocer eventos y relacionarlos con los distintos aspectos de la interacción implementada.

En ese sentido, se ha elegido el sensor capacitivo AT42QT1060 capaz de detectar el contacto en hasta 6 PADS capacitivos. En el prototipo inicial se hace uso de 4 PADS y se reservarán 2 para futuras revisiones. Se configura mediante I2C y posee un pin de interrupción con el que poder ejecutar un determinado código como reacción a un evento (contacto con uno o varios PADS). No se dispuso de librerías open-source compartidas, por lo que se optó por el desarrollo de una librería propia.

Para emular los latidos del corazón, se utilizó un vibrador con su correspondiente driver. En concreto el driver seleccionado es el MAX1749. Este componente ha sido diseñado específicamente para controlar motores vibradores y permite controlar el “pulso cardíaco” con valores de entre 20 y 150 pulsaciones por minuto en función del estado emocional que se desee emular en el peluche.

Se utilizó un switch magnético con el que poder reconocer los eventos de poner y quitar un chupete que tiene un imán con el que fijarse en la boca del peluche. Estos eventos, provocan en el microcontrolador una interrupción con las que se ejecuta el código de reacción a dicho evento.

Para emular dinámicas con el peluche asociados a secuencias de luz se han incorporado LED RGB programables WS2812B. Estos LEDs permiten realizar cambios de color en determinados puntos estratégicos del peluche (tronco, extremidades, mofletes, etc.) en función de los estados asociados a las secuencias dinámicas de trabajo con el dispositivo. Se ha escogido este tipo de LEDs ya que permiten controlar varios del mismo tipo mediante una sola pista de comunicación de datos (*one wire*).

Para facilitar la operatividad del prototipo, se ha optado por un cargador inalámbrico Qi (receptor) que permite la carga de la batería sin necesidad de cables. Se utilizó un tipo de receptor de carga inalámbrica comercial que posee un conector micro USB con el que se conecta permanentemente a la placa madre y permite la carga de la batería LiPo de una celda.

Como regulador de tensión se escogió un Regulador LDO TPS79601DRBR capaz de alimentar un circuito con una corriente máxima de 1A. Se opta por este tipo de regulador por su eficiencia, su baja caída de voltaje y su corriente de salida,

que se encuentra por encima del consumo a máximo rendimiento del dispositivo.

Para el prototipo inicial, se seleccionó una batería Li-ion de una celda de 3.7V y 1700mAh (6,3Wh), que dura en caso de consumo a máximo rendimiento unas 3 horas. Esto hace compatible el uso del prototipo en sesiones razonablemente adecuadas a las dinámicas de uso. En un futuro será necesario incrementar las horas del sistema de carga del prototipo.

Los datos recogidos hasta el momento, se utilizaron para identificar ciertos patrones estimativos y hacer que el muñeco actúe con las reacciones más adecuadas para cada usuario. Una vez se recojan muchos más datos de uso atendiendo a distintas situaciones, se podrá incorporar de forma probada que permita inferir niveles de adherencia a tratamientos con actividades basándose en modelos afectivos (Simões, *et al.*, 2023). Esto será posible aplicando un conjunto de recursos de Inteligencia Artificial a un volumen muy superior de pruebas almacenadas en fases de experimentación del prototipo que requieren de la colaboración con terapeutas y sanitarios en un extenso entorno real en próximas fases (Sun *et al.*, 2023), permitiendo el aprendizaje de funcionalidades para mejorar las respuestas del peluche.

3.2 App móvil vinculada

Además del dispositivo físico detallado, i-Teddy hace uso de una app móvil, cuya interfaz se muestra en la figura 7, con un doble objetivo: por un lado, ser el enlace entre el dispositivo y la base de datos, asegurándose de que se procesen y almacenen las mediciones y además permitir al usuario llevar la gestión de todos estos datos de manera integral y sencilla. Dicha aplicación móvil diseñada para que los especialistas puedan programar el muñeco en función de las características personales de los usuarios y generar informes hace verdaderamente singular el prototipo presentado.

La aplicación móvil busca la visualización en tiempo real de los datos recogidos por el hardware. La app es compatible con sistemas operativos iOS. A través de la interfaz, es posible interactuar con los muñecos de peluche, realizar un seguimiento de las sesiones, visualizar los datos del proyecto, el progreso y recibir alertas. Se han seguido las recomendaciones de buenas prácticas de diseño visual establecidas por *Material Design* (Clifton, 2015).

Destaca comentar que todas aquellas pantallas relativas a información del usuario, se cargarán de forma local según se guardaran en la última actualización. Posteriormente siempre y cuando tengamos conexión a internet se cargarán los datos del servidor.

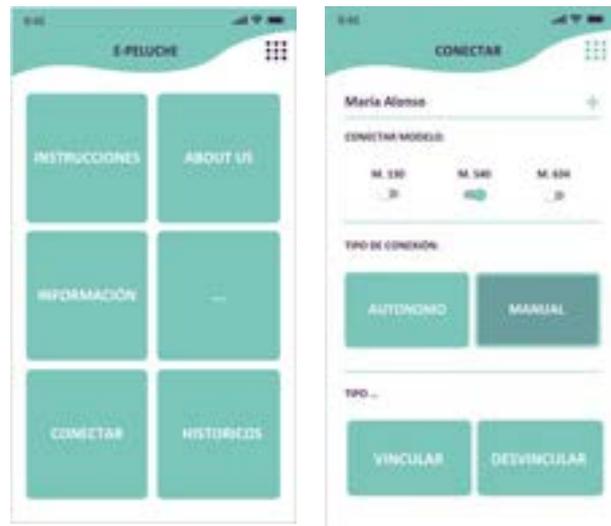


Figura 7: Interfaces de la app (Izq) Conexión al dispositivo (Dcha.) Pantalla Principal.

4. Resultados

El objetivo principal de este proyecto es crear un peluche electrónico basado en la integración de diferentes tecnologías para mejorar la calidad de vida de personas con patologías asociadas fundamentalmente a deterioros cognitivos.

Para ello, se ha realizado a lo largo de una primera fase, la especificación de requisitos y definición de la arquitectura basada en la identificación de soluciones comerciales e investigaciones aplicables en el campo de estudio, así como todas aquellas patologías que podemos trabajar desde un ámbito terapéutico con este tipo de producto. En base a esto, se han definido las funcionalidades que ha de incorporar la solución propuesta, así como los medios técnicos necesarios para su implementación, materializándose a través del diseño de su arquitectura, tanto de los componentes, como de los conectores y la correcta identificación del flujo de la información a través del peluche y la aplicación móvil.

En la segunda fase se ha llevado a cabo el diseño y montaje del hardware, realizando una PCB donde se integran y conectan los diferentes componentes electrónicos encargados de dotar de interactividad, reacción y comunicación al peluche en tiempo real. Dentro de esta fase también se aglutinan aquellas actividades relacionadas con la programación Firmware para la adquisición y comunicación de los componentes electrónicos con la App móvil.

En la tercera fase se ha generado la App móvil que busca la visualización en tiempo real de los datos recogidos por el hardware. Para su desarrollo se han contemplado todas aquellas características y funciones tratadas en puntos anteriores como

visualización de la interactividad en tiempo real y datos por sesiones.

La cuarta fase ha consistido en la integración y validación del sistema interconectando los componentes electrónicos y aplicación móvil al 100%, comprobando que todas las utilidades desarrolladas cumplen con los requisitos especificados en fases previas.

En cuanto a la validación del sistema, se han llevado a cabo pruebas con usuarios reales, pero en una versión muy inicial, comprobando la aceptación del prototipo por parte de posibles usuarios, así como el correcto desempeño del sistema en un entorno real y comprobando secuencias de sensores. Una vez el prototipo está operativo, comienza el trabajo real y desafiante.

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

Este artículo presenta todas las posibilidades en el uso de muñecos como terapia no farmacológica. El objetivo de esta terapia es reducir la necesidad de sedantes y otros fármacos en pacientes ancianos.

El prototipo desarrollado en esta prueba de concepto incluye sensorización y una aplicación configurable que permite a los especialistas generar terapias personalizadas.

Creemos que el uso de muñecos, como el mostrado, con fines terapéuticos es una herramienta de trabajo muy interesante que

aún no ha sido suficientemente explotada y desarrollada en residencias de ancianos, clínicas, centros de día u hospitales.

Para validar el sistema, actualmente se está probando el prototipo como parte de un programa más ambicioso en un centro de referencia para patologías de Alzheimer. Esta validación permitirá evaluar el impacto de este tipo de terapias en la reducción de los problemas psicológicos y conductuales (agitación, apatía, depresión...), la mejora de la comunicación e interacción social de los pacientes, así como los resultados de la estimulación sensorial, cognitiva, emocional y de reminiscencia. Es evidente que la suma de todos estos posibles progresos contribuirá a la mejora de la calidad de vida del paciente y familiares.

Son muchas las propuestas de futuro que abre nuestro prototipo, siendo la fundamental la implementación de una interfaz de configuración de terapias dentro de la app para profesionales, así como la incorporación de nuevos sensores.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado a través del proyecto TCUE, PC-TCUE_18-20P_008, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Junta de Castilla y León, así como en la actualidad con el proyecto "COordinated intelligent Services for Adaptive Smart areaS (COSASS), Reference: PID2021-123673OB-C33, financiado por MCIN /AEI /10.13039/501100011033 / FEDER, UE.

Referencias

- Bowlby, J. (1988). *A secure base: Parent-child attachment and healthy human development*. New York: Basic Books.
- Cai, X., Zhou, L., Han, P., Deng, X., Zhu, H., Fang, F., & Zhang, Z. (2021). Narrative review: recent advances in doll therapy for Alzheimer's. *Annals of palliative medicine*, 10(4).
- Clifton, I. G. (2015). *Android user interface design: Implementing material design for developers*. Addison-Wesley Professional.
- Desideri, L., Ottaviani, C., Malavasi, M., di Marzio, R., & Bonifacci, P. (2019). Emotional processes in human-robot interaction during brief cognitive testing. *Computers in Human Behavior*, 90, 331-342.
- Feil-Seifer, D. and M. Mataric'. (2008). Robot-assisted therapy for children with autism spectrum disorders. in *Proceedings of the 7th international conference on Interaction design and children*.
- Gervasi, R., Barravecchia, F., Mastrogiacomo, L., & Franceschini, F. (2023). Applications of affective computing in human-robot interaction: State-of-art and challenges for manufacturing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 237(6-7), 815-832.
- González-González, C. S., Violant-Holz, V., & Gil-Iranzo, R. M. (2021). Social robots in hospitals: a systematic review. *Applied Sciences*, 11(13), 5976.
- Google 1. (s.f.). [Joy for All Companion Pet] Recuperado el 18 de octubre, 2023 de <https://joyforall.com/>
- Google 2. (s.f.). [GeriJoy] Recuperado el 18 de octubre, 2023 de <https://www.facebook.com/GeriJoy/>
- Google 3. (s.f.). [My Special Aflac Duck] Recuperado el 18 de octubre, 2023 de <https://aflacchildhoodcancer.org/>
- Kanda, T. and H. Ishiguro. (2017). *Human-robot interaction in social robotics*. CRC Press.
- Kouroupa, A., Laws, K. R., Irvine, K., Mengoni, S. E., Baird, A., & Sharma, S. (2022). The use of social robots with children and young people on the autism spectrum: A systematic review and meta-analysis. *Plos one*, 17(6), e0269800.

- Learner, J. (2013). Care homes use ‘doll therapy’ for residents with dementia. *Guardian Professional*.
- Libin, E. (2003). Exploring the Potentials of Robotic Psychology and Robototherapy. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 1, 9-12.
- Márquez-Sánchez, S., Herrera-Santos, J., Mora-Simon, S., & Rodríguez-González, S. (2022, July). Electronic Plush Toy as a Non-pharmacological Tool in Therapies. In *International Symposium on Ambient Intelligence* (pp. 111-122). Cham: Springer International Publishing.
- Márquez-Sánchez, S., Mora-Simon, S., Herrera-Santos, J., Roncerod, A. O., & Corchado, J. M. (2020). Intelligent Dolls and robots for the treatment of elderly people with dementia. *ADCAIJ Adv. Distrib. Comput. Artif. Int. J. Regular*, (9), 99-11.
- Mitchell, G. and H. O'Donnell. (2013). The therapeutic use of doll therapy in dementia. *British Journal of Nursing*, 22(6): p. 329-334.
- Mitchell, G. and Templeton, M., (2014). Ethical considerations of doll therapy for people with dementia. *Nursing Ethics*, 21(6):720-30. doi:10.1177/0969733013518447.
- Moggio, L., de Sire, A., Marotta, N., Demeco, A., & Ammendolia, A. (2022). Exoskeleton versus end-effector robot-assisted therapy for finger-hand motor recovery in stroke survivors: Systematic review and meta-analysis. *Topics in stroke rehabilitation*, 29(8), 539-550.
- Ng, Q. X., Ho, C. Y. X., Koh, S. S. H., Tan, W. C., & Chan, H. W. (2017). Doll therapy for dementia sufferers: A systematic review. *Complementary therapies in clinical practice*, 26, 42-46.
- Norouzi-Gheidari, N., Archambault, P. S., & Fung, J. (2012). Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: systematic review and meta-analysis of the literature.
- Scoglio, A. A., Reilly, E. D., Gorman, J. A., & Drebing, C. E. (2019). Use of social robots in mental health and well-being research: systematic review. *Journal of medical Internet research*, 21(7), e13322.
- Simões, G., Lopes, A., Carona, C., Pereira, R., & Nunes, U. J. (2023, April). Deep-Learning Based Classification of Engagement for Child-Robot Interaction. In *2023 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)* (pp. 112-117). IEEE.
- Sun, J., Dong, Q. X., Wang, S. W., Zheng, Y. B., Liu, X. X., Lu, T. S., ... & Han, Y. (2023). Artificial intelligence in psychiatry research, diagnosis, and therapy. *Asian Journal of Psychiatry*, 103705.