

# Un sistema híbrido basado en asistentes robóticos y aplicaciones móviles para brindar soporte en la terapia de lenguaje de niños con discapacidad y trastornos de la comunicación

A hybrid system based on robotic assistants and mobile applications to support in speech therapy for children with disabilities and communication disorders

Mario Ochoa-Guaraca<sup>1</sup>, Daniel Pulla-Sánchez<sup>1</sup>, Vladimir Robles-Bykbaev<sup>1,2</sup>, Martín López-Nores<sup>2</sup>, Marco Carpio-Moreta<sup>1</sup>, Jorge García-Duque<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad de Vigo, España

mochoagua@est.ups.edu.ec , daniel.javier.pulla@gmail.com , vrobles@ups.edu.ec , mlnores@det.uvigo.es , mcarpiom@est.ups.edu.ec , jgd@det.uvigo.es

**RESUMEN.** Según las últimas estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en la actualidad 93 millones de niños viven con discapacidades severas o moderadas. Del mismo modo, estos estudios apuntan que alrededor del 15% de la población mundial presenta algún tipo de discapacidad. Además de esta compleja situación, es fundamental considerar que un número importante de ancianos están desarrollando diferentes tipos de discapacidades. De este grupo, un porcentaje considerable de personas presentan distintos tipos de trastornos de la comunicación que pueden limitar sus vidas de diferentes maneras. Dado que uno de los grupos más vulnerables está constituido por niños, en este artículo se presenta un asistente robótico de bajo costo que es capaz de apoyar su proceso de rehabilitación a través de la Terapia del Habla y el Lenguaje (THL). Este asistente robótico es capaz de interactuar con una aplicación móvil que tiene como objetivo llevar a cabo actividades de refuerzo en el hogar con los padres de los niños. Nuestra propuesta ha sido puesta a prueba con 29 niños con parálisis cerebral y trastornos de la comunicación. Los resultados obtenidos son alentadores, dado que fue posible integrar al robot de forma exitosa a las sesiones de terapia.

**ABSTRACT.** According to latest estimates of World Health Organization (WHO), nowadays 93 million of children live with severe or moderate disabilities. In the same way, these studies point that around 15% of world population present some form of disability. In addition to this complex situation, it is fundamental to consider that an important number of elderly are developing different kinds of disabilities. From this group, a significant percentage of persons present different types of communication disorders that can limit their lives in different ways. Given that one of most vulnerable groups is constituted by children, in this paper we present a low-cost robotic assistant able to support their rehabilitation process through Speech-Language Therapy (SLT). This robotic assistant is able to interact with a mobile application that is aimed to conduct reinforcement activities at home with the parents of the children. Our proposal has been tested with 29 children with cerebral palsy and communication disorders. The results are encouraging, given that it was possible to success fully integrate the robot to the therapy sessions.

**PALABRAS CLAVE:** Terapia del habla y del lenguaje, Discapacidades, Trastornos de la comunicación, Asistentes robóticos, Aplicaciones móviles.

**KEYWORDS:** Speech-Language therapy, Disabilities, Communication disorders, Robotic assistants, Mobile applications.

## 1. Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud, OMS (WHO, 2011), hoy en día el 15% de la población mundial vive con alguna forma de discapacidad que afecta el desempeño de la persona a nivel físico, psicológico y emocional. En cuanto a los niños, existe poca información sobre discapacidades debido a diversos factores, entre los que podemos destacar la falta de una definición adecuada de las discapacidades en niños y la falta de recursos para llevar estudios estadísticos en países en vías de desarrollo. Sin embargo, la OMS señala en sus últimos estudios que aproximadamente hoy en día existen entre 93 millones de niños (1 de cada 20 niños menores de 14 años) presenta una discapacidad grave o moderada (UNICEF, 2013). En la misma línea, es importante destacar que 175 millones de niños, esto es, un tercio de todos los niños de países en vías de desarrollo, ingresan cada año en la escuela primaria después de haber sido víctimas en su más tierna edad de malnutrición, aspecto que daña de forma irreparable su desarrollo cognitivo (Watkins, 2010).

Los niños con discapacidad se ven afectados en varias de las etapas de su desarrollo, siendo muy crítica la de su proceso formativo. En este ámbito, la UNESCO (2007) indica que únicamente el 10% de niños con discapacidad puede acceder a la educación formal y únicamente la mitad de ellos logra culminar la formación primaria, ya que la mayoría abandona los procesos formativo debido a la falta de conocimiento por parte de los docentes en cómo incluirlos en los planes de educación. Se debe destacar que parte de la formación se encuentra relacionada con la adquisición del habla y el lenguaje, aspecto que se constituye en un pilar fundamental para el desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y emocionales, ya que les permitirá expresar sus sentimientos, compartir sus ideas y comunicarse con otras personas, teniendo mejores oportunidades de acceder a educación y trabajo.

Según el sistema de diagnóstico Americano (DSM V), existen varias subcategorías de desórdenes de lenguaje, de las cuales un niño puede presentar más de una, por esta razón es de vital importancia el diagnóstico e intervención temprana con la finalidad de disminuir la involución del niños y asegurar una buena calidad de vida en el futuro, para ellos es necesario herramientas que puedan ser utilizadas por los terapeutas de lenguaje que ayuden a motivar a los pacientes a realizar los ejercicios de terapia. Bajo este enfoque en este artículo se presenta un sistema híbrido basado en asistentes robóticos y aplicaciones móviles para brindar soporte en la terapia del habla y el lenguaje de niños con discapacidad y trastornos de la comunicación.

El resto del presente artículo se organiza como se detalla a continuación. En la Sección 2 se presentan algunos de los asistentes robóticos de soporte a la educación especial que se han desarrollado hasta la fecha. La Sección 3 recoge de forma detallada la arquitectura del sistema propuesto, así como los distintos módulos y elementos que lo constituyen. El proceso de experimentación y los resultados preliminares se describen en la Sección 4. Finalmente, la Sección 5 recoge las conclusiones y trabajo futuro.

## 2. Trabajo relacionado

Existen varios estudios realizados en torno al uso de agentes robóticos dentro de las sesiones de terapia de lenguaje, mostrando que los niños con discapacidad pueden ser más receptivos frente a agentes robóticos en comparación a sus pares.

Uno de los robots más usados dentro del ámbito de la terapia es el robot NAO, desarrollado por la empresa francesa "Aldebaran Robotics". En esta línea, Malik et al. (2014) demuestran la utilidad de este robot en un experimento piloto llevado a cabo con 4 niños con parálisis cerebral. Dentro de esta propuesta, se realizaron sesiones de terapia una vez por semana durante un periodo de 8 semanas, demostrando que el proceso de intervención terapéutico con este agente robótico se vuelve más llamativo y entretenido, además que los niños se mostraron más comprometidos en la terapia. Un enfoque similar es llevado a la praxis por Fridin y Belokopytov (2014), en virtud de que realizan un experimento con 14 niños regulares y 11 con parálisis cerebral, logrando evidenciar que el segundo grupo mostraba un mayor nivel de interacción frente al robot.

Por otro lado Lee y Hyun (2015) presentaron el uso de otro agente robótico llamado iRobiQ que incorpora



varios ejercicios y actividades para promover el desarrollo de lenguaje en niños con desórdenes de la comunicación, el experimento piloto se realizó con 4 niños con trastorno de espectro autista y se demostró que los niños aprendieron cómo se debían iniciar conversaciones y expresar emociones frente al robot. Bajo el mismo grupo objetivo, Ketelaar et al. (2001) presentan un enfoque con el robot humanoide KASPAR, el cual interactúa de manera autónoma con 6 niños con trastorno de espectro autista durante 23 sesiones de manera individual, con el fin de probar que el robot puede mejorar las habilidades sociales de los niños en ambientes colaborativos, mostrando resultados positivos en su experimento inicial.

PABI es un robot con una forma que se asemeja a un pingüino, el cual es desarrollado por Dickstein-Fischer y Fischer (2014), quienes lo ha dotado de diferentes módulos de interacción tales como: Movimientos de las alas, cabeza, ojos y pico, además cuenta con cámaras en los ojos con el fin de poder mantener un contacto visual y expresar emociones frente a los niños, en los experimentos realizados con este robot se demuestra que los niños establecen un lazo afectivo con el robot.

La compañía Hanson Robotic desarrolló un robot cuyo nombre es “Zeno” y es capaz de evaluar los datos cinemáticos del paciente, pudiendo así cuantificar el comportamiento de imitación de los niños. Bugnariu et al. (2013) realizaron un experimento en el cual se colocaba el robot frente al paciente y se realizaban actividades relacionadas con la imitación como: diálogos verbales, imitación de gestos, imitación de movimiento de cabeza y de ojos, imitación de movimientos de manos y brazos. Con ello, se obtuvieron como resultados que los niños con síndrome de espectro autista tenían problemas al realizar las actividades en comparación a sus pares regulares de la misma edad, sin embargo, se demuestra que los niños reaccionan de manera positiva frente al robot debido a que lo relacionan con un juguete.

Dentro del campo de la robótica de rehabilitación también se tiene robots que no presentan una forma humanoide, tal es el caso del sistema NJIT-RAVR desarrollado por Qiu et al. (2010), que es un sistema óptico basado en simulaciones de realidad virtual cuyo objetivo es entrenar al paciente en el uso de sus extremidades superiores. Este sistema cuenta con la gran ventaja de usar un algoritmo adaptativo que permite al usuario con discapacidad interactuar sin problemas en el ambiente virtual, el estudio se llevó a cabo durante 3 semanas en donde los pacientes usaban el sistema por periodos de 3 horas a la semana, lográndose evidenciar una notable mejoría en las medidas cinemáticas de los pacientes.

Continuando con los robots de rehabilitación no humanoides Holley et al. (2013) realizan un estudio mediante el uso de 2 brazos robóticos y una muñeca robótica, con el objetivo de demostrar si dichos agentes robóticos resultan más beneficioso para los pacientes con parálisis cerebral que se han realizado una cirugía de transferencia del tendón de la muñeca. Finalmente un brazo robótico usado por Cook et al. (2005) durante un periodo de 4 semanas, con un total de 12 a 15 sesiones, permite a niños con discapacidades motoras realizar 3 secuencias de actividades específicas, mostrando un incremento de la participación de los niños en la terapia, ya que se mostraron interesados en las acciones que el robot podía realizar.

### 3. Diseño general de la propuesta planteada

El sistema propuesto está constituido por tres capas y varios módulos. Este aspecto nos permite incorporar fácilmente nuevas funcionalidades en un módulo dado, sin afectar la función de los otros módulos y capas. A continuación describimos algunos de los aspectos más importantes de cada capa que constituye nuestro sistema (Figura 1):

- La interfaz de usuario y de servicios proporcionan varias funcionalidades para ayudar a los Terapeutas del Lenguaje en las siguientes áreas: gestión de usuarios, generación de reportes del progreso del paciente y sus actividades durante una sesión de terapia, posibilidad de controlar remotamente al robot con el objetivo de interactuar, la posibilidad de motivar y enganchar a los pacientes con algunos trastornos mentales específicos (por ejemplo, autismo), y un modo de funcionamiento autónomo para preparar a los pacientes antes de la terapia y familiarizarlos con el robot. Del mismo modo, en esta capa se proporcionan actividades lúdicas y

ejercicios de terapia con el objetivo de que los pacientes desarrollen habilidades relacionadas con el lenguaje y la comunicación.

- La capa del sistema experto fundamenta su funcionamiento en dos módulos que le permiten realizar los procesos de interacción con los usuarios, y brindar soporte a la toma de decisiones de los terapeutas del lenguaje. El módulo de interacción realiza la detección y reconocimiento de caras y comandos de voz, así como proporciona refuerzos positivos no verbales a los pacientes (utilizando movimientos de brazos y cabeza, animaciones y sonidos / canciones). El módulo de apoyo a la decisión analiza automáticamente el perfil del paciente y su progreso con el objetivo de determinar el mejor conjunto de actividades para una terapia y, a continuación, ensambla un nuevo plan de intervención. Sobre esta base, las actividades y ejercicios se seleccionan para explotar las habilidades del paciente y su predisposición al trabajo.

- El conocimiento del dominio se maneja en la última capa a través de ontologías, bases de datos para monitoreo y actividades, vocabularios estandarizados y un repositorio de datos clínicos. Las ontologías nos permiten modelar las relaciones que existen entre los actores del sistema: pacientes, trastornos / discapacidad, actividades lúdicas, ejercicios, juegos y contenidos educativos. El repositorio de datos clínicos y el uso de vocabularios estandarizados permiten compartir la información con otros sistemas / plataformas y combinar diferentes fuentes de datos.

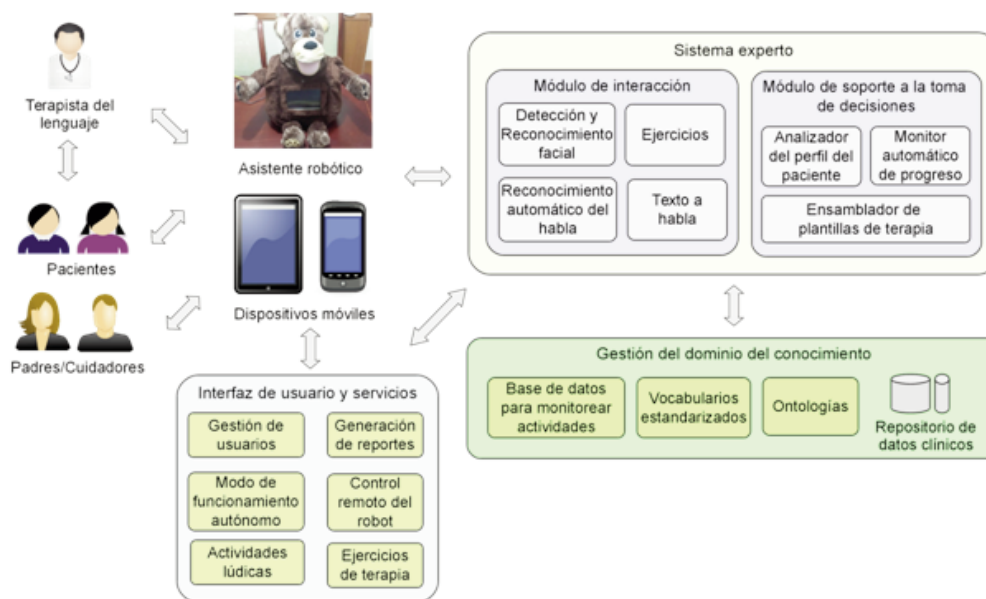


Figura 1. Estructura general de la propuesta planteada.

Como se puede apreciar, con este modelo podemos incorporar fácilmente nuevas herramientas basadas en las TIC tales como tabletas, teléfonos inteligentes y cualquier sensor que pueda apoyar la recopilación de datos y el análisis del comportamiento del paciente y sus necesidades.

### 3.1 Sistema móvil

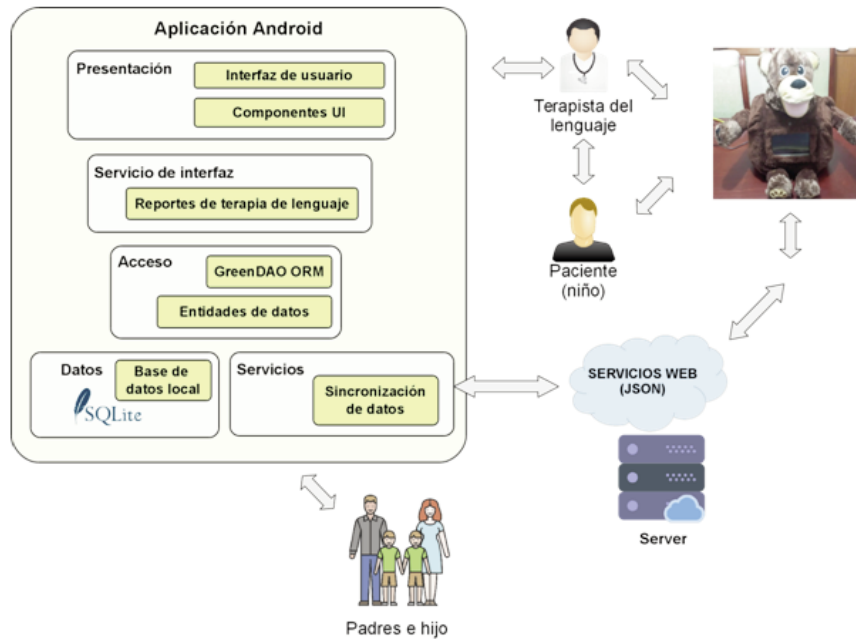


Figura 2. Arquitectura modular de la aplicación móvil desarrollada.

La aplicación móvil Android implementada está conformada en 5 módulos claramente definidos (Figura 2): Presentación, Servicio de interfaz, Acceso, Datos y Servicios.

El módulo de datos contiene la estructura de la base de datos SQLite que se implementó para almacenar los datos de los niños y sus terapias. El módulo de acceso es el encargado de realizar las operaciones de CRUD (Create, Read, Update, Delete) de los datos, y para facilitar su gestión se empleó el ORM GreenDAO. El módulo de servicios es el encargado de realizar la sincronización de datos entre la aplicación móvil y los datos alojados en el asistente robótico, para ello, este módulo se conecta a un servidor, que aloja una base de datos PostgreSQL que contiene toda la información generada y servicios web para el consumo y post de datos. El módulo de servicio de interfaz provee la lógica necesaria para la generación de los reportes tanto para los padres como los terapeutas. Y el módulo de presentación posee las interfaces que posibilitan la interacción entre el usuario y la aplicación.

### 3.2 Asistente robótico

Los principales modos de funcionamiento del robot se muestran en la Figura 3 y a continuación se explicará cada uno de ellos.

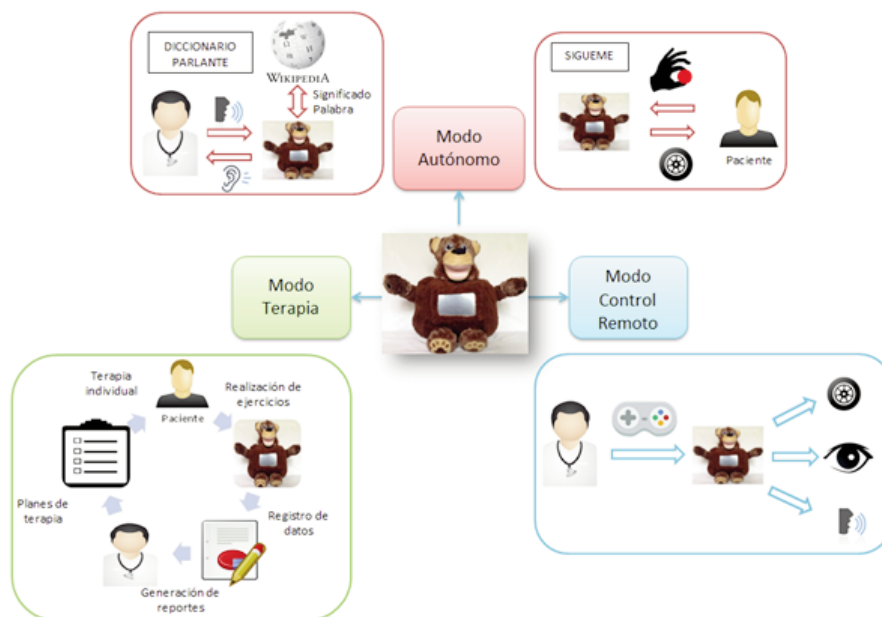


Figura 3. Modos de funcionamiento del asistente robótico y los elementos que intervienen en cada uno de los mismos.

### Modo de Terapia

En este modo de funcionamiento el robot muestra en su pantalla actividades relacionadas con la terapia de lenguaje, estas actividades se muestran en forma de juegos con el fin de motivar al pacientes a realizarlas, los datos como aciertos y fallos son registrados en la base de datos para que el terapeuta puede posteriormente realizar planes de terapia personalizados basados en las falencias específicas de cada niño.

Dentro de este modo el terapeuta podrá acceder a todos los registros del desempeño histórico de cada paciente, además de poder realizar una búsqueda de los registros mediante filtros como: rangos de fechas, el nombre del paciente, nombre de terapeuta y nombre del ejercicio.

### Modo Control Remoto

Este modo de funcionamiento usa un servidor web implementado internamente en el robot para desplegar distintas pantallas desde las cuales el usuario podrá manejarlo de forma remota, la ventaja de usar servicios web para el control remoto es que se puede acceder desde cualquier dispositivo que cuente con una conexión a internet y un navegador web, sin embargo, se tiene desventajas tales como la dependencia absoluta de una conexión a internet, por lo que imposibilita el uso de lugares abiertos, como parques o patios.

Las funciones que se pueden controlar de manera remota se explican a continuación:

En la primera pantalla se puede controlar los movimientos del robot mediante la pantalla mostrada en la Figura 4, donde se puede observar los botones, "Arriba", "Abajo", "Izquierda" y "Derecha", por lo que el usuario podrá mover el robot por el entorno en donde se encuentre.



Figura 4. Control Remoto - Función Movimiento.

En la segunda pantalla (Figura 5) se puede acceder a la cámara que se encuentra ubicada en la parte frontal del robot, y observar todo lo que esté alrededor del mismo, así como las reacciones del niño frente a los estímulos que le brinda el robot, para ello tiene un módulo de detección facial el cual permite saber cuándo el niño se encuentra interactuando con el robot.

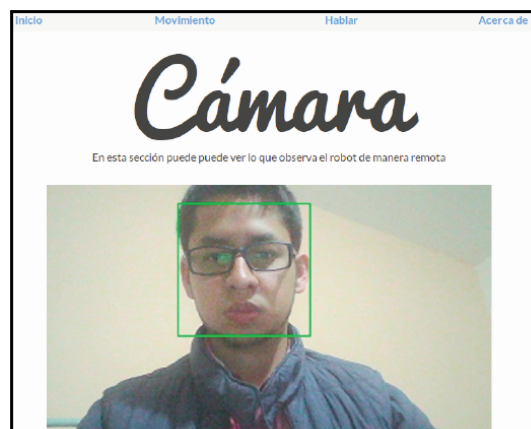


Figura 5. Control Remoto - Función Cámara.

La tercera pantalla (Figura 6) le permite al usuario hablarle al paciente a través del robot, el usuario introduce un texto en la caja mostrada en la figura 4, en continuación pulsa el botón "Hablar", el robot recibe el texto y mediante su módulo de conversión de texto a voz, vocaliza el mensaje recibido.



Figura 6. Control Remoto - Función Hablar.

### Modo Autónomo

Como se puede apreciar en la Figura 3, este modo de funcionamiento tiene 2 sub funciones, la primera, un diccionario parlante que servirá como soporte para el terapeuta en caso de palabras desconocidas, el robot es capaz de responder a comandos de voz por parte del terapeuta y obtener el concepto o significado de la palabra mediante Wikipedia.

Y la segunda sub función de este módulo es el modo “Sigueme”, en el cual el paciente le muestra al robot una figura de determinado color y el robot le sigue al niño a donde vaya usando las ruedas ubicadas en la parte inferior del robot.

### 3.3 Sistema móvil de soporte y refuerzo a la terapia

Es de vital importancia que los padres lleven un control de las actividades que desarrolla su niño(a) durante las sesiones de terapia, y que sean partícipes activos durante este proceso, por tal motivo, el asistente robótico cuenta con una aplicación móvil desarrollada en Android que permitirá el desarrollo de dichas actividades. La aplicación básicamente muestra de forma detallada las actividades que ha desarrollado el niño durante cada terapia, además de proponer de actividades de refuerzo que han de ser llevadas a cabo en casa en colaboración conjunta con los padres. Cabe resaltar, que las actividades de refuerzo son generadas por el asistente robótico, para posteriormente ser verificadas y validadas por el experto en el área y eventualmente ser enviadas a los padres.

Los padres podrán observar los reportes en la aplicación como se muestra en la Figura 7, donde se detalla las actividades que ha realizado el niño, y las actividades complementarias propuestas. Para facilitar una mejor comprensión, las actividades cuentan con una imagen o en su defecto con una animación que demuestra la forma correcta de cumplir o llevar a cabo la actividad.



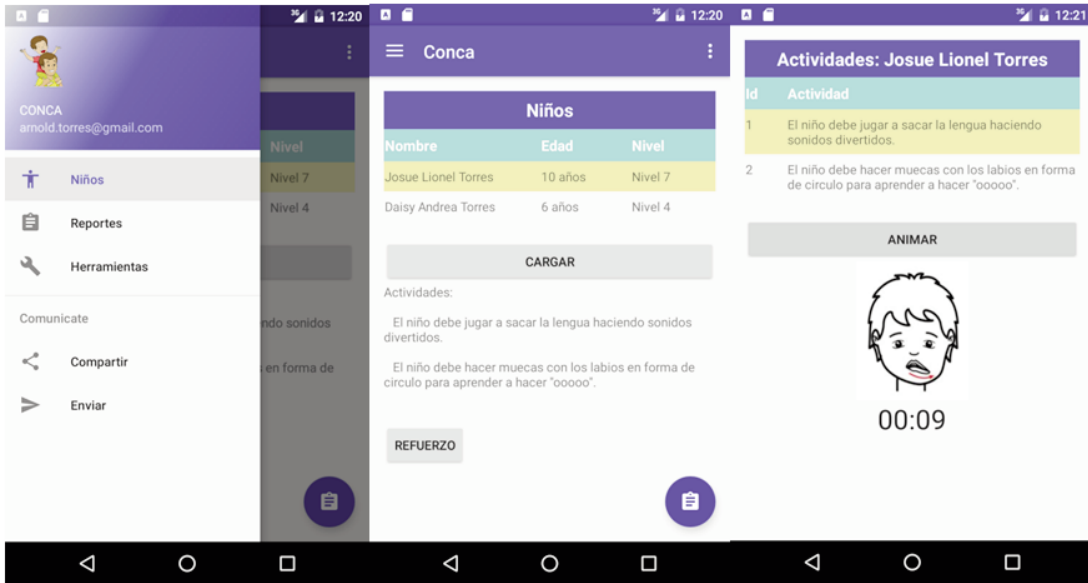


Figura 7. Capturas de pantalla del menú principal de la aplicación móvil propuesta.

La aplicación móvil puede ser usada tanto por los padres o terapeutas, la diferencia radica en que los padres tendrán acceso exclusivamente a los reportes generados para sus niños, mientras que los terapeutas además de tener acceso a la información de sus pacientes, podrán realizar cambios en las actividades de refuerzo generadas por el asistente robótico.

Algunas de las características más importantes de la aplicación móvil son:

- Generar un reporte completo (diario, semanal, mensual o anual) de las actividades y áreas de lenguaje en las que el niño trabajó.
- Presentar animaciones e instrucciones claras para las actividades de refuerzo que los niños deben cumplir con sus padres en casa.
- Los terapeutas pueden consultar de forma rápida y dinámicamente niños con los que trabajaron durante el día y conocer las áreas que necesitan ser reforzadas a fin de planificar su futuro trabajo en clase.
- Los terapeutas tienen la posibilidad de realizar cambios en las actividades de refuerzo propuestas con ayuda del asistente robótico.

### 3. Experimentación y resultados

El objetivo del experimento piloto es validar el uso del agente robótico como una forma alternativa de realizar la terapia de lenguaje, por lo que se evalúa el desempeño de los participantes mediante los puntajes obtenidos en cada ejercicio y su nivel de atención en la terapia, para posteriormente contrastar con los resultados obtenidos al realizar los mismos ejercicios de forma manual.

Del mismo modo, es importante mencionar que antes de iniciar el proceso de terapia y evaluación, se realizaron dos sesiones previas para que los niños pudieran familiarizarse con el robot y su uso. En estas sesiones el robot únicamente presentaba estímulos básicos como movimientos de los brazos y la cabeza, sonidos y ayudas sobre cómo interactuar con el contenido mostrado en la pantalla (no se incluyeron los temas de evaluación terapéutica).

Por otra parte, el experimento realizado se centra en el Modo Terapia, para lo cual se realizaron 3 ejercicios relacionados con la terapia de lenguaje, específicamente en las áreas fonológica, morfosintáctica y semántica. Se trabajó con 2 terapeutas del Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA) y 29 niños con parálisis cerebral

y desórdenes de la comunicación, con una edad de lenguaje promedio de 7 años. Estos niños se organizaron en dos grupos: uno de control (15 participantes) y otro que trabajó con el robot (14 participantes). En total se desarrollaron 73 sesiones de terapia en las 3 áreas mencionadas anteriormente. A fin de evitar sesgos en el uso del material multimedia, se imprimieron las imágenes que contiene el robot y se emplearon con el grupo de control.

Se procedió a evaluar los puntajes obtenidos en cada caso los cuales servirán para evaluar si los niños presentan un mejor desempeño al realizar la terapia con la variedad de estímulos que puede dar el robot frente a la terapia manual.

En la Tabla 1 podemos observar los resultados que se obtuvieron con los niños luego de realizar las sesiones de terapia. A continuación detallamos cada uno de ellos:

- En el área fonológica los niños obtuvieron un mejor puntaje al trabajar con el robot, dado que la media de los aciertos tiene un valor más alto que la obtenida con la terapia manual. Esto se debe a que probablemente las órdenes auditivas y los estímulos kinestésicos tienen un mejor efecto en los niños en esta área.
- En el área morfosintáctica se pueden apreciar resultados muy similares, esto se debe a que esta es una de las áreas más complejas para niños con parálisis cerebral y discapacidad intelectual, ya que aborda aspectos como la construcción de oraciones con sentido, empleando para ello relaciones gramaticales y estructuras jerárquicas de los constituyentes sintácticos.
- En el área semántica igualmente se aprecian resultados similares, con una ligera ventaja para el caso de la terapia conducida de forma manual. En este punto consideramos que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos por una u otra forma de conducir la terapia.

| Área            | Puntaje – Terapia Manual | Puntaje – Terapia con el Robot |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------|
| Fonológica      | 0,45                     | 0,75                           |
| Morfosintáctica | 0,8                      | 0,775                          |
| Semántica       | 0,79                     | 0,72                           |

Tabla 1. Resultados obtenidos al realizar la terapia manual (tradicional) en comparación a la conducida con el soporte del asistente robótico.

#### 4. Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo hemos presentado un asistente robótico de bajo costo que proporciona soporte para varios ejercicios de diferentes áreas de la terapia del lenguaje. Las diferentes funcionalidades implementadas en el robot permiten a los terapeutas del lenguaje realizar actividades terapéuticas y ejercicios de manera eficiente, ya que el sistema automatiza varias tareas como generación de informes, seguimiento de actividades, manejo de datos del paciente, entre muchos otros. Del mismo modo, dado que el robot tiene diferentes trajes, es atractivo para los niños y puede cambiar fácilmente su apariencia según los rasgos psicológicos o las preferencias de cada paciente (autismo, síndrome de Down, etc.).

Otra funcionalidad importante del robot es que es posible implementar nuevos módulos para cubrir otras áreas como educación especial, terapia ocupacional, autosuficiencia, actividades diarias, etc. Asimismo, el robot puede ser utilizado de forma remota para analizar la respuesta del paciente en control Ambientes como la cámara Gesell. Esta característica permite a los terapeutas del lenguaje y psicólogos determinar las mejores prácticas y directrices para las sesiones de terapia.

Como líneas de investigación futura, se plantean las siguientes:

- Construir un robot virtual con el objetivo de que los padres puedan hacer el proceso de refuerzo



terapéutico en el hogar utilizando un intermediario virtual (que será similar al utilizado en la terapia real).

- Desarrollar un módulo de visión artificial que permita al robot reconocer objetos cotidianos que se usan durante las sesiones de terapia. Por lo tanto, el niño (dependiendo del tipo de parálisis cerebral) puede recibir mejores estímulos visuales y auditivos.

## Agradecimientos

Los autores de la Universidad Politécnica Salesiana han contado con el apoyo del proyecto de investigación "Sistemas Inteligentes de Soporte a la Educación (SINSAE v4)" de la Cátedra UNESCO "Tecnologías de apoyo para la Inclusión Educativa". Los autores de la Universidad de Vigo han sido apoyados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Gobierno Regional de Galicia, en virtud de un acuerdo de financiación del Atlantic Research Center for Information and Communication Technologies (AtlantTIC), así como por el Ministerio de Educación y Ciencia (Gobierno de España) proyecto de investigación TIN2013-42774-R (parcialmente financiado con fondos del FEDER).

### Cómo citar este artículo / How to cite this paper

Ochoa-Guaraca, M.; Pulla-Sánchez, D.; Robles-Bykbaev, V.; López-Nores, M.; Carpio-Moreta, M.; García-Duque, J. (2017). Un sistema híbrido basado en asistentes robóticos y aplicaciones móviles para brindar soporte en la terapia de lenguaje de niños con discapacidad y trastornos de la comunicación. *Campus Virtuales*, 6(1), 77-87. ([www.revistacampusvirtuales.es](http://www.revistacampusvirtuales.es))

## Referencias

- Bugnariu, N.; Young, C.; Rockenbach, K.; Patterson, R. M.; Garver, C.; Ranatunga, I.; et al. (2013). Human-robot interaction as a tool to evaluate and quantify motor imitation behavior in children with Autism Spectrum Disorders. En 2013 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR) (pp. 57-62). IEEE.
- Cook, A. M.; Bentz, B.; Harbottle, N.; Lynch, C.; Miller, B. (2005). School-based use of a robotic arms system by children with disabilities. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 13(4), 452-460.
- Dickstein-Fischer, L.; Fischer, G. S. (2014). Combining psychological and engineering approaches to utilizing social robots with children with Autism. En 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 792-795). IEEE.
- Fridin, M.; Belokopytov, M. (2014). Robotics agent coacher for CP motor function (RAC CP Fun). *Robotica*, 32(08), 1265-1279.
- Holley, D.; Theriault, A.; Kamara, S.; Anewenter, V.; Hughes, D.; Johnson, M. J. (2013). Restoring ADL function after wrist surgery in children with cerebral palsy: A novel Bilateral robot system design. En Rehabilitation Robotics (ICORR), 2013 IEEE International Conference on (pp. 1-6). IEEE.
- Ketelaar, M.; Vermeer, A.; Hart, H. T.; van Petegem-van Beek, E.; Helders, P. J. (2001). Effects of a functional therapy program on motor abilities of children with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 81(9), 1534-1545.
- Lee, H.; Hyun, E. (2015). The intelligent robot contents for children with speech-language disorder. *Educational Technology and Society*, 18(3), 100-113.
- Malik, N. A.; Yusoff, H.; Hanapiah, F. A.; Anne, S. J. (2014). Human robot interaction (hri) between a humanoid robot and children with cerebral palsy: Experimental framework and measure of engagement. En Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), 2014 IEEE Conference (pp. 430-435). IEEE.
- Qiu, Q.; Fluet, G. G.; Saleh, S.; Ramirez, D.; Adamovich, S. (2010). Robot-assisted virtual rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy. En Proceedings of the 2010 IEEE 36th Annual Northeast Bioengineering Conference (NEBEC) (pp. 1-2). IEEE.
- UNESCO (2007). EFA global monitoring report: EFA. Strong foundations: Early child hood care and education.
- UNICEF (2013). Estado Mundial de la Infancia: Niñas y niños con discapacidad. Organización Mundial de la Salud.
- Watkins, K. (2010). Informe de Seguimiento de la EPT en el mundo. Llegar a los marginados.
- World Health Organization (2011). World report on disability.