

# Definiendo los elementos que constituyen un robot social portable de bajo coste

Marcos Maroto  
University Carlos III of Madrid  
marmarot@pa.uc3m.es

Juan José Gamboa  
University Carlos III of Madrid  
jgamboa@ing.uc3m.es

José Carlos Castillo  
University Carlos III of Madrid  
jocastil@ing.uc3m.es

Sara Marqués Villaroya  
University Carlos III of Madrid  
smarques@ing.uc3m.es

Fernando Alonso-Martín  
University Carlos III of Madrid  
famartin@ing.uc3m.es

Miguel Ángel Salichs  
University Carlos III of Madrid  
salichs@ing.uc3m.es

## Resumen

Existen numerosos trabajos y estudios que evalúan la utilización de animales en terapias con personas que presentan problemas de desarrollo cognitivo o de aprendizaje. Estos métodos se utilizan principalmente en sesiones de rehabilitación orientadas a disminuir los efectos de enfermedades mentales como alzheimer, demencia o autismo. Cada vez son más los trabajos que tratan de incorporar robots sociales en sustitución de animales reales. Dado el tipo de aplicación a la que estos robots sociales están destinados, resulta un factor determinante que estos sistemas presenten una apariencia externa agradable para el usuario. En este sentido, son muchos los estudios que proponen el uso de robots con forma de animal o humanoide como medio de interacción con personas. Para ello, resulta fundamental el diseño de un robot que presente unas características concretas, fundamentalmente en aspectos relacionados con el tamaño, peso y apariencia de forma que el robot resulte fácilmente manejable y portable reduciendo su coste económico en la medida de lo posible. Este artículo realiza un repaso de los robots actuales utilizados en este tipo de aplicaciones, describiendo los elementos que debe incorporar, en su fase de diseño, un robot social de bajo coste orientado a aplicaciones de terapia y compañía a personas mayores y niños con enfermedades mentales.

**Keywords**—Robótica social, terapias robóticas, terapia con animales, robots humanoides, animales, diseño de robots.

## 1. Introducción

Actualmente, la robótica se encuentra inmersa en procesos donde no solo se pretende crear máquinas automáticas, sino dotarlas de un cierto grado de inteligencia y autonomía. En este sentido, la robótica social se centra en desarrollar la tecnología existente para permitir y facilitar la interacción humano-robot (HRI, por sus siglas en inglés) o robot-robot [1, 2]. Esta interacción normalmente pretende reproducir comportamientos propios de los animales y de los seres humanos en las máquinas para conseguir desarrollar vínculos afectivos

entre los mismos con el fin de mejorar su operabilidad en el mundo cotidiano. Además, pese a que la mayor parte de los robots desarrollados hasta ahora en robótica social han sido enfocados a la morfología y comportamientos de los seres humanos, reproduciendo comportamientos mediante imitación [3], cada vez son más los que poseen otras formas como pueden ser animales, aprovechando las capacidades que pueden aportar en campos como la medicina (aplicado en terapias) o actuando como sistemas que aportan compañía [4].

Por otro lado, la existencia en la actualidad de equipos y dispositivos electrónicos de bajo-medio coste, como minicomputadores y placas microcontroladoras de hardware y software libre, con buenas capacidades tecnológicas, permiten la realización de plataformas robotizadas que hace unos años resultaban difíciles de desarrollar debido principalmente a su alto coste económico.

## 2. Robots sociales para compañía y terapia

Todo robot social debe presentar unas características bien definidas, entre las que se deben encontrar mecanismos de interacción humano-robot (HRI), interacción con el mundo físico que le rodea, generación de emociones, apariencia externa agradable y realización aplicaciones que beneficien a las personas que los utilicen [5]. En este sentido, los robots sociales, en los últimos años, están adquiriendo una gran importancia en nuevos proyectos desarrollados en medicina [6]. Especialmente, un gran número de ellos son utilizados como sistemas de ayuda y compañía a personas mayores o niños con enfermedades mentales. Estos robots, en algunos casos, surgen como elemento de guía a los terapeutas en sesiones de rehabilitación mental o física o como elemento de compañía a personas con problemas mentales que normalmente se encuentran hospitalizadas o internas en centros especiales. Algunos de los robots más importantes en la actualidad destinados a este ámbito son PARO [7] y Aibo [11], Mini Maggie [14] y NAO [15] mostrados todos ellos en la Figura 1.

PARO (Personal Assistant Robot) [7] o NUKA (nombre en territorio europeo) nace en la década de los 90 como un robot de interacción social avanzada con forma de foca. Principalmente, se utiliza en hospitales y centros especializados en tratar a personas mayores con problemas mentales, aprovechando los efectos que tiene la terapia con animales reales [8]. La utilización de este tipo de robots disminuye la dificultad que supondría utilizar animales reales en hospitales y centros de atención de enfermedades mentales. Desde el punto de vista médico, quedaron demostrados los efectos positivos de realizar terapias con animales en enfermedades cognitivas como alzheimer o demencia [9]. Los estudios realizados recientemente con el robot PARO en experiencias reales con personas mayores enfermas muestran los resultados satisfactorios de realizar terapias este robot utilizando métodos utilizados en terapia con animales reales [10].

Como robot social de compañía surgió Aibo (Artificial Intelligence Robot) [11]. Desarrollado por Sony a finales de los años 90, Aibo representa el estándar de robot de compañía. Este robot ha adquirido diferentes formas durante su existencia, destacando principalmente con forma de cachorro de perro. Pese a que fue diseñado para su uso doméstico como robot mascota o de compañía, ha sido utilizado en multitud de aplicaciones como educación, robot futurista en películas o estudios de investigación. Como se puede comprobar en distintos trabajos de investigación [12, 13], ha sido estudiada la utilización de este robot como animal robótico de compañía con personas de todo tipo de edades para comprobar los efectos de la utilización de robots en sustitución de animales reales.

Mini Maggie es un robot social desarrollado por la Universidad Carlos III de Madrid para ayudar al terapeuta encargado de dirigir sesiones de rehabilitación con personas que presentan enfermedades mentales como alzheimer o demencia [14]. Para ello, incorpora mecanismos de interacción mediante voz con un sintetizador de texto o TTS (Text to Speech, de sus siglas en inglés) y un reconocedor de voz, distintos ejercicios que sirven para estimular mentalmente a los enfermos a través de una tableta, mecanismos de percepción del entorno mediante una cámara de visión 3D y diversos sensores y actuadores que permiten realizar movimientos e interactuar de una forma más realista con el usuario.

El robot humanoide NAO [15] ha sido utilizado para ayudar a niños autistas en numerosas terapias para mejorar las habilidades de comunicación e interacción de estos niños [16]. Otros estudios de investigación [17] han presentado diversos casos en

los que se pretende mejorar la interacción y respuesta ante estímulos de niños autistas a través de la interacción con el robot NAO. Las técnicas utilizadas proponen que los niños imiten los movimientos físicos y otras acciones como gestos o expresiones que el robot realiza para conseguir estimular la interacción social entre humano-robot (HRI).

Otros robots, tanto humanoides como con forma de animal han sido utilizados como medio de interacción con personas que presentan algún tipo de enfermedad mental o física y como medio de compañía. Por ejemplo, ASIMO [18], uno de los robots humanoides más famosos, ha sido utilizado como guía en terapias de rehabilitación física para mejorar la movilidad de articulaciones [19]. Como robot de compañía destaca NeCoro [20], un gato robótico con capacidades similares a las de un gato real capaz de mostrar emociones realizando distintos gestos y movimientos como medio de interacción.

### 3. Sistema hardware

El diseño y construcción de un robot social destinado a terapia y compañía debe cumplir unas especificaciones precisas que permitan al usuario una interacción cercana y agradable con el robot. Por este motivo, resulta determinante que el sistema hardware que da forma al robot quede bien estructurado y definido en diversos subsistemas tal y como muestra la Figura 2. Dichos subsistemas se detallan a continuación.

#### 3.1. Sistema de alimentación

Como parte fundamental de todo sistema que incorpore elementos cuya fuente de energía sea la electricidad, es necesario el diseño de un sistema de alimentación robusto que permita aportar la cantidad de energía suficiente para que todos los dispositivos operen de forma satisfactoria tal y como se muestra en la Figura 2.

Dependiendo de la aplicación a la que esté destinado el robot diseñado, la forma de aportar la energía a los dispositivos será diferente. Al tratarse de un robot que debe poder transportarse y manejarse de forma sencilla, el método de alimentación del sistema más adecuado es mediante la utilización de una batería, incorporada dentro de la estructura del robot. Las baterías a utilizar deben tener el menor tamaño y peso posible, además de un coste bajo y una capacidad eléctrica elevada. En este sentido, las baterías que presentan este tipo de características son las fabricadas con Litio, en concreto baterías de Litio-Ión y Polímero de Litio debido a su alta capacidad en pequeño tamaño y peso. Quedan descartadas por tanto otras

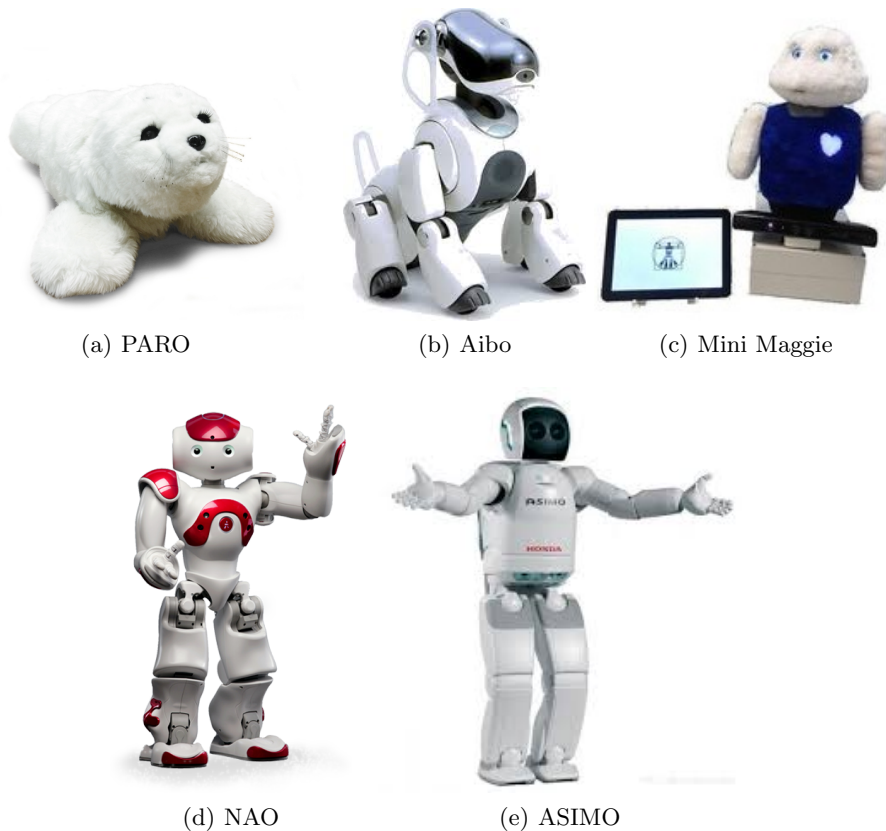


Figura 1: Algunos de los principales robots sociales destinados a aplicaciones relacionadas con la terapia y la compañía.

baterías como las fabricadas con plomo debido a su alto peso y tamaño.

Dado que la batería está incluida dentro del robot, es necesario que incorpore un sistema que permita cargarla de forma cómoda desde el exterior. Por lo tanto, será necesario, mediante un convertidor *AC/DC* adaptar la tensión aportada por la red de corriente eléctrica (corriente alterna monofásica) a los niveles de voltaje óptimos de carga de la batería (operando en corriente continua o directa). De acuerdo con la filosofía adoptada en el diseño de cualquier robot social, el sistema de carga de la batería deberá ser lo más estético posible, estando siempre acorde con la apariencia externa con la que se dote al robot.

El sistema de alimentación también debe estar correctamente dimensionado para permitir adaptar el nivel de tensión que aporte la batería a los distintos dispositivos de control, sensorización y actuación incluidos en el robot. Por este motivo, será necesario utilizar la electrónica necesaria para cumplir este requisito teniendo siempre en cuenta el consumo de corriente de cada uno de estos elementos. Comúnmente, los dispositivos electrónicos más utilizados para suministrar la energía eléctrica de la batería a los distintos elementos del robot

son los llamados convertidores *DC/DC* (convertidores de corriente directa a corriente directa).

### 3.2. Sistema de control

Como elemento controlador y de gestión de datos, el robot normalmente lleva incorporado un miniorordenador. Este ordenador se encarga de realizar todas las operaciones lógicas del sistema y gestionar la comunicación entre los distintos procesos que desarrolla el robot. Dentro de los miniordenadores de bajo coste más utilizados actualmente destaca Raspberry Pi<sup>1</sup>. Este dispositivo permite instalar Microsoft Windows y Ubuntu entre otros sistemas operativos conocidos, aparte de tener un bajo precio y muy pequeño tamaño con una capacidad de cómputo relativamente alta. Además permite conectar un gran número de dispositivos y tarjetas de expansión con las que es compatible. Como alternativa, es posible encontrar BeagleBone Black<sup>2</sup>, con características similares a Raspberry Pi, o Intel Galileo [21] y MinnowBoard<sup>3</sup>, inspirados estos dos últimos en la idea de IoT (Internet of Things, Internet de las cosas), donde cualquier dispositi-

<sup>1</sup><https://www.raspberrypi.org/>

<sup>2</sup><https://beagleboard.org/>

<sup>3</sup><https://minnowboard.org/>

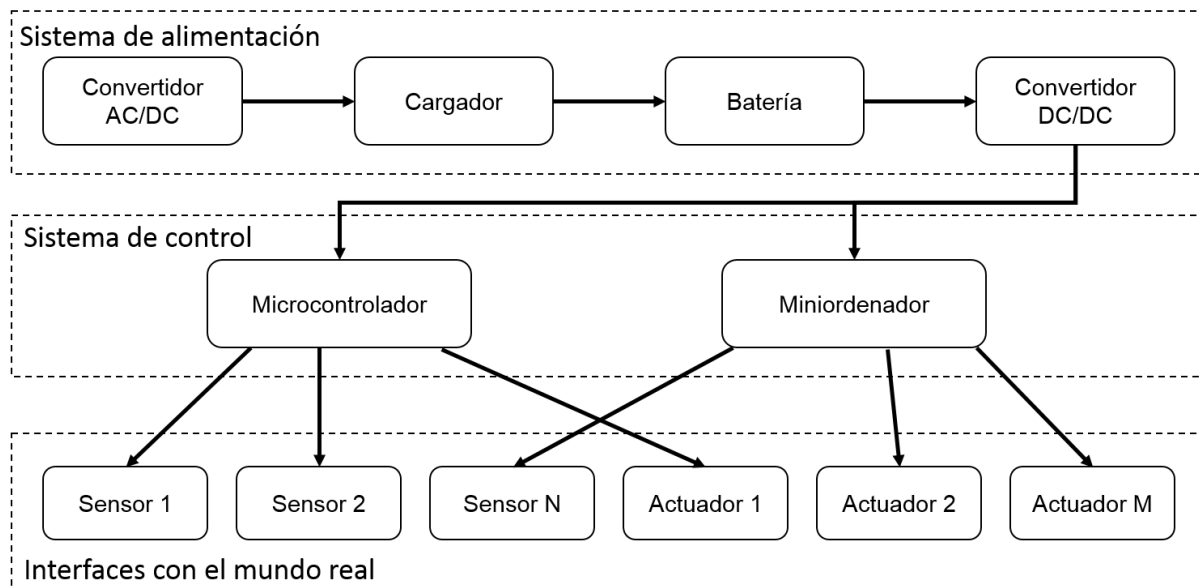


Figura 2: Relación entre los elementos hardware que debe incorporar un robot social portable de bajo coste. En la parte superior se pueden observar los elementos que componen el sistema de alimentación y las relaciones existentes entre ellos. En la parte media se encuentra tanto el miniordenador como el microcontrolador, elementos que forman parte del sistema de control del robot. Por último la parte inferior muestra los distintos sensores y actuadores, que pueden estar gestionados tanto por el miniordenador como por el microcontrolador, y que se encargan de actuar como interfaces con el mundo real.

vo estaría conectado con Internet para compartir información entre sí.

La principal función de los robots sociales es interactuar con el mundo físico que los rodea, por lo que resulta fundamental que incluyan un microcontrolador conectado al ordenador principal del robot que se encargue de gestionar los sensores y actuadores. De este modo es posible liberar de carga de trabajo al ordenador principal incluido en el robot, además de simplificar el proceso de adquisición de datos de los sensores incorporados en el robot y de aportar las señales necesarias para comandar los actuadores del mismo. En cualquier caso, se debe tener en cuenta que algunas tecnologías de sensores y actuadores pueden conectarse directamente al miniordenador (p.ej una webcam o un altavoz).

Dentro de los microcontroladores de bajo coste comerciales, destacan los pertenecientes a Arduino<sup>4</sup> debido a su bajo coste y gran variedad de modelos que presentan diferentes características entre sí. Este tipo de microcontrolador resulta una buena alternativa para incorporar en un robot, reemplazando a algunos microcontroladores mucho más costosos económicamente como las tarjetas de adquisición de datos o microcontroladores más difíciles de programar y conectar como los PIC (Peripheral Interface Controller).

<sup>4</sup><https://www.arduino.cc/>

### 3.3. Interfaces con el mundo real

Cualquier robot social debe incluir una serie de sensores que le permita obtener información del entorno. Al mismo tiempo, estos robots deben ser capaces de interactuar con el mundo físico que lo rodea mediante sus actuadores.

#### 3.3.1. Sensores

Los principales sensores que un robot social destinado a tareas de terapia y compañía debe incluir son:

- *Tacto*: Permite captar cuando una persona interactúa con el robot tocando su superficie. En la actualidad, los más utilizados son los sensores de tacto capacitivos, colocados en zonas estratégicas del robot como la cabeza, pecho o extremidades para captar los toques del usuario en esas zonas. Como alternativa se pueden utilizar micrófonos de contacto para captar los toques del usuario mediante sonido.
- *Temperatura*: Permite conocer el ambiente en el que se encuentra el robot, tanto interna como externamente. Colocado en el interior permite saber la temperatura a la que se encuentra la electrónica del robot para limitar sus movimientos en el caso de que exista sobrecalentamiento. Colocado en el exterior del

robot permite conocer la temperatura del entorno en el que se encuentra el robot.

- *Movimiento*: Mediante la inclusión de un sensor de medición inercial (IMU, Inertial Measurement Unit), que incorpora normalmente un giróscopo, un acelerómetro y un magnetómetro, es posible conocer entre otras magnitudes la orientación del robot en el espacio o la aceleración a lo largo de los tres ejes (X, Y o Z) del robot.
- *Sonido*: En ocasiones, puede resultar interesante utilizar micrófonos para atender órdenes por parte de los usuarios que se comunican con el robot mediante el habla o sonidos no verbales.
- *Cámara*: La incorporación de una cámara en el robot permite la utilización de técnicas de procesamiento de imágenes por computador. Estas cámaras pueden proporcionar información en 2D o 3D. La cámara de visión 3D incluye una segunda lente adicional, no incluida en la cámaras estándar o de visión 2D, que permite obtener información sobre la profundidad de los objetos que capta la lente de la cámara en 2D.

### 3.3.2. Actuadores

Los principales actuadores a incluir en un robot social destinado a interacción son:

- *Movimiento*: La capacidad de dotar de movimiento a la estructura del robot es fundamental para dotar de expresividad a un robot social. Por ello, se coloca un motor por cada grado de libertad que se le quiera dar al robot. En aplicaciones donde el robot debe realizar movimientos de forma muy controlada, con un recorrido corto y de forma silenciosa se suele utilizar servomotores. Como alternativa, se pueden utilizar motores de corriente continua con codificador de posición para obtener la posición angular del motor o motores paso a paso, pese a que estos últimos presentan mayor dificultad en el control de su posición debido a que son menos precisos.
- *Iluminación*: La colocación de actuadores como diodos LED en la estructura externa del robot permite aportar expresividad en la interacción con el usuario. Estos actuadores normalmente se colocan en zonas específicas como mejillas, corazón o cabeza.
- *Temperatura*: La variación de la temperatura del robot se puede utilizar también, de forma regulada, para transmitir sensación de calidez

o frialdad al usuario, aportando de esta forma realismo al robot.

- *Pantallas*: Cada vez son más los robots que incorporan una pantalla LCD o una tablet para generar animaciones que representen algunos elementos de la fisiología de los animales como los ojos, boca o para mostrar emociones a través de ella.
- *Sonido*: La utilización de un altavoz incluido en el interior del robot permite la reproducción de sonidos no verbales que podrían estar inspirados en animales u otros seres animados.
- *Vibración*: Con el fin de aportar sensación de movimiento en el interior del robot, es posible incluir dispositivos de vibración que aporten esta sensación al usuario.

## 4. Estructura mecánica y apariencia externa de un robot social

Debido al auge que la impresión 3D ha experimentado, cada vez es más sencillo poder realizar piezas a medida a un coste relativamente bajo. Este método de prototipado rápido ha afectado también en gran medida a la robótica. Utilizando esta tecnología es posible diseñar casi cualquier estructura mecánica que de forma al robot.

La fabricación de la estructura del robot mediante impresión 3D limita el tipo de materiales a utilizar. Las impresoras 3D de bajo coste normalmente imprimen materiales de tipo plástico rígido como ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno) o PLA (Ácido poli-láctico). En los últimos meses, el número de materiales que admiten las impresoras 3D de bajo coste se encuentra en expansión, incluyendo filamentos de materiales como plástico flexible o incluso madera sintética, cerámica o cobre. En este sentido, el abanico de posibilidades que ofrece la impresión 3D permitiría construir un robot social como el que se propone diseñar en el presente trabajo. Como alternativa, sería posible realizar la estructura del robot mediante otras técnicas más clásicas utilizando materiales como aluminio o madera.

La apariencia externa del robot, depende, por lo tanto, de la estructura mecánica siendo uno de los factores fundamentales en el diseño de un robot social [22] en tanto que es uno de los factores que más influye en el usuario. Además, dentro de la aplicación a la que se destina este tipo de robots, como es la terapia y la compañía, principalmente a personas mayores que puedan presentar algún

tipo de deterioro cognitivo, resulta aún más determinante que la impresión que el usuario tenga del robot sea buena. La apariencia externa de los robots sociales ha tendido en los últimos años a adoptar formas de robots inspirados en animales, robots humanoides y robots de carácter menos realista. Todos ellos están orientados a aportar al usuario una sensación de cercanía y comodidad en base a su apariencia.

Los robots sociales utilizados en aplicaciones de terapia y compañía han tomado principalmente apariencia de animal de compañía clásico como perro (Aibo) o gato (NeCoro) a animales acuáticos como focas (PARO). La mayoría de estos animales presentan la característica común de no tener una movilidad alta, sobretodo en sus primeros meses de vida, reduciendo así la complejidad de los movimientos a realizar. Además, emiten sonidos no verbales agradables, por lo que el usuario no se sentirá intimidado ni asustado. Los animales que sirven como inspiración para este tipo de aplicaciones presentan una piel suave, adecuada para aportar calidez y tranquilidad al usuario. Por último, dada la aplicación a la que estos robots están enfocados, la inspiración en animales permite poder intentar reproducir las técnicas de rehabilitación y terapia que se utilizan con animales reales y que ha quedado demostrado científicamente que son muy beneficiosas para cierto tipo de enfermedades mentales [8].

Los robots sociales con apariencia humanoide, como NAO o ASIMO, utilizan técnicas de interacción distintas a los robots con forma de animal. Estos robots utilizan su similitud con la morfología humana para realizar movimientos más complejos. Por este motivo, los robots sociales humanoides se utilizan en sesiones de rehabilitación para personas que presentan problemas de movilidad [19] o autismo [16, 17]. En cuanto a los robots que presentan una forma menos definida, estos pueden presentar ambos tipos de interacción, ya que su estructura y apariencia puede presentar tanto características humanoides como de animales.

## 5. Conclusiones

Este artículo describe las características principales y elementos que puede incluir un robot social dedicado a aplicaciones relacionadas con la terapia y la compañía, así como las técnicas de diseño más utilizadas actualmente. En este artículo se detalla los diferentes sistemas que de forma general forman parte del robot, como son el sistema de alimentación, el sistema de control y los elementos que sirven como interfaces con el mundo real (sensores y actuadores). En este artículo se realiza

un análisis de los métodos actuales que permiten construir robots de pequeñas dimensiones utilizando electrónica de bajo coste e impresión 3D.

Además, se presentan los principales robots sociales utilizados actualmente en aplicaciones de terapia y compañía, como PARO o Mini Maggie. Este tipo de robots, como se ha descrito a lo largo de este artículo, están orientados a ayudar a personas mayores y niños que puedan presentar algún tipo de enfermedad mental, como alzheimer, demencia o autismo. Además, se han realizado diversos trabajos de investigación que pretenden utilizar robots como NAO o ASIMO en terapias de rehabilitación del aparato locomotor. Utilizando como ejemplos los robots presentados en la Figura 1, es posible establecer los aspectos más importantes en la estructura mecánica y la apariencia externa que debe tomar un robot social destinado a este tipo de aplicaciones como son los materiales con los que están construido, su precio, los grados de libertad que debe tener y la apariencia externa del robot.

A partir de este artículo podría resultar interesante realizar un trabajo de investigación orientado a construir prototipos de robots con distinta apariencia, principalmente de animales que resulten atractivos por su aspecto, y comprobar cual de ellos resulta más adecuado para la interacción con usuarios en función de su apariencia externa.

## Agradecimientos

La investigación desarrollada ha recibido financiación de dos proyectos: “Development of social robots to help seniors with cognitive impairment” (ROBSEN), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad; y “RoboCity2030-III-CM”, financiado por la Comunidad de Madrid y cofinanciado por los Fondos Estructurales de la Unión Europea.

## Referencias

- [1] C. Breazeal, “Social interactions in hri: the robot view,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 34, no. 2, pp. 181–186, 2004.
- [2] C. Breazeal, “Emotion and sociable humanoid robots,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 59, no. 1, pp. 119–155, 2003.
- [3] S. Schaal, “Is imitation learning the route to humanoid robots?,” *Trends in cognitive sciences*, vol. 3, no. 6, pp. 233–242, 1999.
- [4] T. Shibata, K. Inoue, and R. Irie, “Emotional robot for intelligent system-artificial emotio-

- nal creature project,” in *Robot and Human Communication, 1996., 5th IEEE International Workshop on*, pp. 466–471, IEEE, 1996.
- [5] S. Satake, T. Kanda, D. F. Glas, M. Imai, H. Ishiguro, and N. Hagita, “How to approach humans?-strategies for social robots to initiate interaction,” in *Human-Robot Interaction (HRI), 2009 4th ACM/IEEE International Conference on*, pp. 109–116, IEEE, 2009.
- [6] R. Bemelmans, G. J. Gelderblom, P. Jonker, and L. De Witte, “Socially assistive robots in elderly care: A systematic review into effects and effectiveness,” *Journal of the American Medical Directors Association*, vol. 13, no. 2, pp. 114–120, 2012.
- [7] T. Shibata, M. Yoshida, and J. Yamato, “Artificial emotional creature for human-machine interaction,” in *Systems, Man, and Cybernetics, 1997. Computational Cybernetics and Simulation., 1997 IEEE International Conference on*, vol. 3, pp. 2269–2274, IEEE, 1997.
- [8] N. E. Richeson, “Effects of animal-assisted therapy on agitated behaviors and social interactions of older adults with dementia,” *American Journal of Alzheimer’s Disease & Other Dementias®*, vol. 18, no. 6, pp. 353–358, 2003.
- [9] K. Wada and T. Shibata, “Living with seal robots-its sociopsychological and physiological influences on the elderly at a care house,” *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 23, no. 5, pp. 972–980, 2007.
- [10] K. Wada, T. Shibata, T. Saito, K. Sakamoto, and K. Tanie, “Psychological and social effects of one year robot assisted activity on elderly people at a health service facility for the aged,” in *Proceedings of the 2005 IEEE international conference on robotics and automation*, pp. 2785–2790, IEEE, 2005.
- [11] M. Fujita, “On activating human communications with pet-type robot aibo,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 92, no. 11, pp. 1804–1813, 2004.
- [12] M. R. Banks, L. M. Willoughby, and W. A. Banks, “Animal-assisted therapy and loneliness in nursing homes: use of robotic versus living dogs,” *Journal of the American Medical Directors Association*, vol. 9, no. 3, pp. 173–177, 2008.
- [13] A. Kerepesi, E. Kubinyi, G. Jonsson, M. Magnusson, and A. Miklosi, “Behavioural comparison of human–animal (dog) and human–robot (aibo) interactions,” *Behavioural processes*, vol. 73, no. 1, pp. 92–99, 2006.
- [14] M. A. Salichs, I. P. Encinar, E. Salichs, Á. Castro-González, and M. Malfaz, “Study of scenarios and technical requirements of a social assistive robot for alzheimer’s disease patients and their caregivers,” *International Journal of Social Robotics*, vol. 8, no. 1, pp. 85–102, 2016.
- [15] D. Gouaillier, V. Hugel, P. Blazevic, C. Kilner, J. Monceaux, P. Lafourcade, B. Marnier, J. Serre, and B. Maisonnier, “Mechatronic design of nao humanoid,” in *Robotics and Automation, 2009. ICRA’09. IEEE International Conference on*, pp. 769–774, IEEE, 2009.
- [16] S. Shamsuddin, H. Yussof, L. Ismail, F. A. Hanapiah, S. Mohamed, H. A. Piah, and N. I. Zahari, “Initial response of autistic children in human-robot interaction therapy with humanoid robot nao,” in *Signal Processing and its Applications (CSPA), 2012 IEEE 8th International Colloquium on*, pp. 188–193, IEEE, 2012.
- [17] A. Tapus, A. Peca, A. Aly, C. Pop, L. Jisa, S. Pintea, A. S. Rusu, and D. O. David, “Children with autism social engagement in interaction with nao, an imitative robot: A series of single case experiments,” *Interaction studies*, vol. 13, no. 3, pp. 315–347, 2012.
- [18] M. Hirose, “Development of humanoid robot asimo,” in *Proc. IEEE/RSJ Int. Conference on Intelligent Robots and Systems (Oct. 29, 2001)*, 2001.
- [19] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki, and K. Fujimura, “The intelligent asimo: System overview and integration,” in *Intelligent Robots and Systems, 2002. IEEE/RSJ International Conference on*, vol. 3, pp. 2478–2483, IEEE, 2002.
- [20] A. Libin, E. Libin, T. Ojika, Y. Nishimoto, T. Takeuchi, Y. Matsuda, and Y. Takahashi, “On person–robot interactions: Cat necoro communicating in two cultures (phase 1. usa–japanese study),” in *Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 899–905, 2002.
- [21] M. C. Ramon, “Intel galileo and intel galileo gen 2,” in *Intel® Galileo and Intel® Galileo Gen 2*, pp. 1–33, Springer, 2014.
- [22] B. R. Duffy, “Anthropomorphism and the social robot,” *Robotics and autonomous systems*, vol. 42, no. 3, pp. 177–190, 2003.