

Artículo de revisión

Sistemas de reconocimiento en la robótica social Recognition Systems in social robotics

Karla Yadira Abad Sacoto

karla.abads@ug.edu.ec

Universidad de Guayaquil. Ecuador

Mario Alfredo Sánchez Delgado

mario.sanchezd@ug.edu.ec

Universidad de Guayaquil. Ecuador

Jorge Enrique Crespo Cedeño

jorge.crespoc@ug.edu.ec

Universidad de Guayaquil. Ecuador

Jorge Enrique Alvarado Chang

jorge.alvaradoc@ug.edu.ec

Universidad de Guayaquil. Ecuador

RESUMEN

La robótica social se centra en la interacción con el humano, es decir arquitectura, componentes y recursos utilizados se enfatizan en permitir que los robots se integren con la sociedad humana. El presente trabajo muestra una perspectiva de la literatura técnica en los dominios de la robótica social y los sistemas de reconocimiento. Se realiza la descripción de objetos de estudio, enfoques, recursos y resultados con la finalidad de manifestar el panorama de investigación actual en estas temáticas y brindar una visión de las oportunidades de desarrollo de las áreas revisadas a vistas de a futuro contribuir en su investigación.

PALABRAS CLAVE: Robótica social; Interacción; Humano; Sistemas de reconocimiento; Sensor.

ABSTRACT

Social robotics focuses on interaction with the human. Therefore architecture, components and resources are emphasized in allowing robots to integrate with human society. This work presents a perspective of technical literature in the domains of social robotics and recognition systems. The description of studied objects, approaches, resources and results is made with the purpose of manifesting the current research landscape in these themes and providing a vision of the development opportunities of the areas reviewed in order to contribute to their research.

KEYWORDS: Social robotics; Interaction; Human; Recognition systems; Sensor.

INTRODUCCIÓN

Los robots sociales son aquellos que buscan interactuar con el usuario y que para lograrlo siguen parámetros de comportamiento social. Más allá de ello, la robótica social persigue en la actualidad el objetivo de entender cómo los robots pueden llegar a ser parte de la vida cotidiana de las personas y cómo pueden colaborar con ellas, dentro de las estructuras sociales y culturales existentes.

Según Ruzafa Costas (2016) el robot social, generalmente de aspecto humanoide, interactúa y se comunica con las personas siguiendo comportamientos, patrones o normas de conducta sociales. En la interacción hombre – robot, la emulación de emociones, permite mejorar el comportamiento de los robots mediante fases de aprendizaje frente a las interacciones con humanos; y que junto a agentes de comunicación, visión y movimiento forman el robot social. Dentro de la inteligencia artificial, la separación más lógica, son las actividades cognitivas basadas en el razonamiento y desarrollo lógico, y las actividades afectivas basadas en las emociones.

Este mismo autor indica que una solución al planteamiento del desarrollo de un robot social es una arquitectura basada en agentes, entre los que se encuentran, programa de reconocimiento y tratamiento de imágenes a través de una cámara, programa de reconocimiento y tratamiento de voz a través de un micrófono, de traducción de texto a voz reproducida mediante un altavoz, de mapeo y movimiento autónomo mediante plataforma con ruedas, programa que codifica gestos faciales y movimientos del brazo según estado del robot y la tarea a realizar, programa principal del sistema y protocolos de comunicación entre estos agentes (Ruzafa Costas, 2016).

Entre las funciones más habituales de los robots sociales se consideran el entretenimiento, educación, organizador de actividades, vigilancia, cuidado de mascotas, guías, apoyo con tareas domésticas, compañía a personas mayores o con discapacidades, entre otras. Sin embargo, existen otros escenarios en los que la robótica social empieza a tener cabida, por ejemplo, en el ámbito comercial y productivo. En un estudio realizado por Pinheiro, Ramos, Donizete, Picanço y de Oliveira (2017) se desarrolló un robot capaz de identificar las emociones de los trabajadores, cuantificarlas y proveer datos para elaborar análisis de productividad a través de un robot recepcionista. Incluso, el humor promedio de los empleados fue valorado sin usar su información privada.

Los procesos racionales se encuentran condicionados por variables emocionales. En la base de la capacidad de aprendizaje del ser humano, se encuentra la empatía emocional; se aprende imitando procesos racionales, sociales y éticos. También se debe estimar la naturaleza social de las emociones, que tienen sentido en la interacción social. Los robots deben tener emociones, lo cual, es necesario para el aprendizaje, comunicación, comportamiento, percepción y toma de decisiones. Estas emociones se expresan en la cara, voz, cuerpo o luces. Se pueden pre programar asociándolas a situaciones: alegría si se logra el objetivo o tristeza al no lograrlo, enfado al quedarse bloqueado o miedo al estar en zona de peligro. Al valorar situaciones, pueden tener reacciones positivas (alegría, esperanza, alivio) o reacciones negativas (tristeza, miedo).

El objetivo del presente trabajo consiste en mostrar el panorama de acción y de exploración actual en las áreas de la robótica social y sistemas de reconocimiento. Para ello fueron tomadas en consideración importantes investigaciones identificando el objeto de estudio, enfoque, resultados principales y las posibilidades futuras de

investigación. Se presentan los aspectos generales de los robots sociales como una vista a la caracterización de agentes cuyo fin es la interacción con el ser humano y con el medio ambiente, mediante la revisión de estudios que manifiestan el carácter social de la robótica en aspectos como la asistencia a pacientes; se exponen además, diferentes tipos de sistemas de reconocimiento utilizados en robots destinados a colaborar y convivir en la sociedad y finalmente se presentan las conclusiones del trabajo e intereses futuros de investigación basados en el mismo.

DESARROLLO

Robots sociales

Uno de los espacios en los que la robótica social ha sido aplicada es el cuidado de las personas a través de los robots de asistencia social (SAR, por sus siglas en inglés). Según Broekens, Heerink y Rosendal (2009) existen evidencias del efecto provechoso de este tipo de robots con respecto a los ancianos, sin embargo, son necesarios estudios más robustos y en gran escala para establecer los efectos de estos dispositivos.

El proyecto *A Robot of My Own* (Šabanović, Chang, Bennett, Piatt, & Hakken, 2015), se enfoca en el diseño de robots que apoyen la depresión clínica de los ancianos. Como antecedente, se presenta que esta entidad clínica afecta entre el 15% y 20% de los adultos mayores en Estados Unidos. Un área en particular en la cual los robots de asistencia pueden colaborar es en direccionar la soledad, componente clave de la depresión. Para cumplir los retos éticos y sociales del proyecto y de acuerdo al paradigma de atención centrada en el paciente, se utilizó un enfoque de diseño participativo. Este planteamiento incluye activamente a los involucrados relevantes (adultos mayores con depresión, terapeutas y trabajadores sociales). El diseño participativo se ha utilizado para trabajar con comunidades en la construcción de dispositivos robóticos sensitivos.

En el taller con los adultos mayores, la necesidad de compañía e interacción social fue discutida a lo largo del estudio y llegó a ser un punto central del diseño. Los participantes también apuntaron a una variedad de funciones relacionadas con la salud y que los robots podrían desempeñar, incluyendo recordatorios, sugerencias sobre alimentos apropiados, vestimenta y cosas que hacer durante el día. Los adultos mayores, también evaluaron maquetas de robots de asistencia en sus hogares para explorar los posibles usos y aspecto de los robots. En el taller con el personal de cuidado, los participantes evaluaron varios tipos de robots existentes en el mercado, de lo cual se obtuvieron ideas más específicas de robots que podrían ser apropiados para la vida diaria de los adultos mayores. En la figura 1 se aprecian adultos mayores con el producto *Paro*, un robot terapéutico.



Figura 1. Paro in the US.
Fuente: PARO Robots (2014)

Por otro lado, en un importante estudio de revisión de Shibata y Wada (2011) denotan que la terapia con robots está siendo reconocida como un nuevo método de cuidado de salud mental de los ancianos, de manera similar a las terapias con animales.

El periodo de constante modernización que se vive en la actualidad, en particular la urbanización de zonas rurales de Latinoamérica, amenaza una de las formas más utilizadas para transmitir y preservar la cultura, costumbres y anécdotas de una comunidad: la tradición oral. Al respecto, ya existen robots narradores de cuentos que recuerdan a la comunidad su cultura y tradiciones, y que escuchan sus comentarios. El robot MUQUI (Vega Centeno Ponce de León, 2016), por ejemplo, tiene un diseño que posee formas antropomórficas con movimiento de la cabeza, una pantalla para mostrar ojos que permitan comunicar emociones, un proyector en la cabeza para la emisión de imágenes y un sombrero distintivo para identificarlo con la comunidad a la que pertenece. Cuenta con brazos, los cuales mueve mientras habla para reforzar las ideas que busca transmitir y finalmente posee un sistema de locomoción en base a ruedas para desplazamiento. Las formas antropomórficas del robot son logradas a través de carcasas de plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) elaboradas por impresión 3D, todas éstas sujetas a una estructura interna formada por planchas de acero que soportan todos los componentes del robot. Se consiguió un diseño de dos grados de libertad para el movimiento de brazos con un funcionamiento sencillo que cubriría la necesidad del robot de gesticular mientras narra una historia.

Son muy variados los contextos en los que la robótica social puede estar presente. En el estudio de Muñoz (2016) se indica que los escenarios de conflicto actuales incrementan los incentivos en el ámbito de la investigación y desarrollo (I+D) militar para desarrollar robots autónomos, capaces de seleccionar objetivos y disparar o adoptar decisiones con consecuencias letales sin supervisión humana, fundamentalmente porque reducen el desgaste político asociado con la pérdida de vidas humanas. Proyectos destinados al diseño de robots autónomos utilizables en tareas de rescate o defensa también captan gran parte de la financiación disponible. Probablemente, a nadie sorprendería la presentación en una feria de equipamiento militar, de cuadricópteros armados, dotados de sensores y sistemas de reconocimiento con Inteligencia Artificial avanzada. Estos equipos normalmente son capaces de buscar y eliminar a objetivos humanos que cumplan con ciertos criterios

predefinidos. Los obstáculos imaginables parecen más bien de tipo legal que ingenieril o tecnológico, debido a que, dejar la decisión a un robot de herir a un ser humano es un tema de alto debate y análisis.

El desarrollo de tecnología militar con Inteligencia Artificial avanzada plantea riesgos específicos (éticos, políticos y estratégicos) que no pueden quedar al margen del escrutinio y del debate público. Aunque el uso de robots autónomos puede reducir las bajas en los nuevos escenarios de conflicto, también puede contribuir a que estos se originen con mayor facilidad.

En cualquier aspecto de la robótica social es importante el modelado de actividades humanas, creando modelos computacionales de forma tal, que agentes de software puedan manipularlos y razonar sobre ellos. Para generar los modelos de actividad, existen dos grandes grupos de técnicas: por un lado, están las técnicas basadas en datos para aprender modelos estadísticos y probabilísticos de actividades a partir de los datos sensoriales generados por un usuario. Por otro lado, están las técnicas basadas en el conocimiento que, en vez de basarse en datos concretos, se basan en el conocimiento previo del dominio para generar modelos de actividades a partir de las características generales de dichas actividades. Para ello, se usan técnicas de ingeniería del conocimiento (Azkune-Galporsoro, Almeida-Escondrillas, Lopez De Ipiña-Gonzalez De Artaza y Chen, 2015).

El modelado basado en datos tiene una larga tradición en la comunidad científica. Ha demostrado tener grandes ventajas, como la posibilidad de generar modelos personales y dinámicos sin ningún conocimiento previo. Sin embargo, los mayores problemas que se han encontrado son de escalabilidad y reusabilidad de los modelos. El primer problema se refiere a la necesidad de grandes bases de datos etiquetados para poder aprender los modelos de actividad. Obtener dichas bases de datos para cualquier persona y etiquetar todas las actividades es un trabajo inmenso y deriva en una solución poco escalable. Las investigaciones más actuales están recurriendo a técnicas de aprendizaje no-supervisado para evitar la dependencia con bases de datos etiquetados (Azkune-Galporsoro et al., 2015).

Según Cook, Feuz, & Krishnan (2013); el problema de reusabilidad de los modelos basados en datos se refiere a que éstos se han aprendido para un usuario concreto y no pueden generalizarse ni aplicarse sobre otros usuarios. Los modelos se aprenden sobre un contexto concreto (entorno y sensores) y con una persona concreta, que puede ejecutar las actividades en variantes que difieran de otras personas. Los investigadores están trabajando para lograr que los modelos sean transferibles, con el objetivo de reducir las fases de entrenamiento para una persona y/o entorno nuevo. Para ello, se está investigando en técnicas de aprendizaje por transferencia. El modelado basado en el conocimiento tiene el mérito de no depender de los datos y proveer modelos de actividad genéricos y comprensibles para los seres humanos. De esta forma, los modelos son aplicables a cualquier usuario y se facilita el despliegue de razonadores tanto para el reconocimiento como para cualquier tarea auxiliar. Los problemas se sitúan a la hora de conseguir modelos personales y dinámicos.

Viendo la complementariedad de ambas técnicas de modelado, varios investigadores han empezado a trabajar recientemente en técnicas híbridas. El objetivo es combinar las características de ambas corrientes de forma tal, que se puedan crear modelos genéricos, personales y dinámicos con un único sistema. De esta forma, se ha propuesto un sistema híbrido que, partiendo de modelos de actividad basados en el conocimiento, es capaz de aprender las llamadas características descriptivas, que se refieren a la duración, frecuencia y la secuencia concreta de objetos usados para ejecutar una actividad. Pues, se asume que las acciones ejecutadas para una actividad son siempre las mismas, independientemente de la persona que realiza las actividades. Eso no se corresponde con la realidad (Azkune-Galporsoro et al, 2015).

Finalmente, la interacción con robots que tengan semejanza con el ser humano es clave para crear una predisposición por parte de las personas para interactuar con dichos robots. El principal reto para crear prototipos humanoides, es el modelamiento de la dinámica que los seres humanos poseen en sus cuerpos. Por ejemplo, que un robot camine de forma dinámica, con su centro de masa desplazado fuera del polígono de soporte formado por sus pies, es extremadamente difícil de modelar matemáticamente. Por este motivo Calliess, Papachristodoulou & Roberts (2013) utilizan aprendizaje de máquina para entrenar un sistema dinámico a fin de que aprenda las funciones de control de un péndulo invertido. Si bien un péndulo invertido no es complejo de modelar matemáticamente, el trabajo justamente intenta utilizar un modelo conocido a fin de comparar el comportamiento del sistema con las funciones matemáticamente modeladas, versus el sistema con las funciones aprendidas. Los resultados satisfactorios dan una buena señal de que este trabajo puede ser extendido para aprender las funciones de control de sistemas dinámicos más complicados cuyas funciones matemáticas son extremadamente complejas de obtener por métodos analíticos.

Sistemas de reconocimiento

El rostro refleja gran parte de las emociones sentidas por el ser humano, incluso puede revelar varias veces lo que las palabras ocultan. Es por ello que se han realizado ya varios estudios sobre el reconocimiento, interpretación y simulación de afectos humanos. La mayoría de los estudios y proyectos realizados en ese contexto utilizan datos de videos o sensores Microsoft Kinect. Un ejemplo de ello puede ser apreciado en el trabajo realizado por Youssef, Aly, Ibrahim y Abbott (2013) para la descripción de marcos de trabajo de reconocimiento de la expresión multimodal utilizados en la ayuda terapéutica. Este estudio considera principalmente el potencial de uso de este sistema en el tratamiento de niños con desordenes del espectro autista.

Por otro lado, el estudio de Silva, et al. (2017) propone el uso del reciente sensor de Intel RealSense 3D para el reconocimiento de emociones, el cual es una plataforma para implementar técnicas de interacción humano computador basadas en gestos. El sensor fue elegido por su pequeño tamaño y por la existencia de un número considerable de librerías para trabajar con expresiones faciales. Este trabajo se enfoca en las emociones opuestas de felicidad y tristeza. El sistema extrae las unidades de

acción (AU, por sus siglas en inglés) faciales y datos del movimiento de la cabeza, luego utiliza una máquina de vector de soporte (SVM, por sus siglas en inglés) para automáticamente clasificar la emoción expresada por el humano. La felicidad se caracteriza porque los músculos alrededor de los ojos se aprietan y aparecen arrugas alrededor de ellos, las mejillas se levantan y las comisuras de los labios se elevan en diagonal. Según el sistema de código de acciones faciales (FACS, por sus siglas en inglés), la tristeza se caracteriza porque la esquina interna de los ojos se levantan, los párpados están sueltos y las esquinas de los labios bajan (Ekman & Friesen, 1977).

Aunque el sensor Intel RealSense 3D (Intel Corporation, s.f.) puede proveer 78 puntos de referencias y 16 expresiones faciales, este aún está bajo desarrollo y existe una baja precisión en algunas expresiones detectadas. Para resolver este problema, el proyecto obtuvo ciertas expresiones faciales a través de puntos de referencia. Se construyó una base de datos usando características obtenidas desde el sensor y que correspondían a las emociones de felicidad o tristeza. Se utilizó un SVM para clasificar las emociones de los usuarios y la precisión de esta clasificación fue determinada por una validación cruzada. Dentro del grupo de prueba, se registró la tristeza con y sin movimiento de cabeza, obteniendo como resultado una precisión de 95.31% con movimiento de cabeza contra un 89.06% sin las características de movimientos de cabeza. Estos resultados demuestran la eficiencia del sensor Intel RealSense para la extracción de características en sistemas de reconocimiento de emociones, así como la importancia de determinar el movimiento de cabeza para reconocer la tristeza. Trabajos futuros de este proyecto apreciarán reconocer otras emociones básicas como sorpresa, miedo, disgusto y neutral, el objetivo final de este proyecto es trabajar con niños con desórdenes del espectro autista promoviendo actividades sociales de reconocimiento e imitación de emociones.

En la robótica social, la comunicación con el individuo es esencial, es por ello que los sistemas deben considerar las formas de intercambio de información con el ser humano. En la Universidad de Málaga – España, un grupo de investigadores han diseñado un sistema para controlar un robot de forma remota con la voz (Poncela y Gallardo-Estrella, 2015). Aunque existen varios sistemas de reconocimiento por voz, este es uno de los pocos para hispanohablantes y con una alta tasa de éxito en el reconocimiento de palabras y el control de la plataforma robótica en tareas de navegación.

Los expertos han desarrollado su modelo acústico en el sistema operativo Linux, ya que la arquitectura para controlar el robot trabaja con varios procesos simultáneos y en referencia al idioma, han utilizado un software Julius/Julian, un sistema de reconocimiento de voz de código abierto. En las pruebas del modelo acústico se ha conseguido un nivel de reconocimiento de palabras cercana al 99% y una tasa de reconocimiento de comandos, es decir, de órdenes, del 95% o superior. Los investigadores indican que estos resultados abren la posibilidad de adaptar el sistema a otras plataformas robóticas, como sillas de ruedas, lo que supondría su aplicación en entornos asistenciales.

La colaboración que la robótica social puede realizar en labores de salvar vidas y proteger bienes valiosos de una catástrofe, es considerado también un enfoque importante de estudio. El proyecto de Chen & Warren (2013) busca desarrollar nuevas técnicas de procesamiento de imagen para la rápida exploración y caracterización de incendios en estructuras por pequeños vehículos robóticos. El sofisticado sistema computacional a bordo del robot toma los datos térmicos recogidos por la pequeña cámara infrarroja del robot y los proyecta, a modo de mapa, sobre una reconstrucción digital en 3D elaborada a partir de las imágenes tomadas por un par de cámaras estereoscópicas a color. Esto permite que pequeños vehículos robóticos portátiles creen una imagen de realidad virtual que incluya un mapa 3D y datos que puedan ser usados inmediatamente por el personal de primeros auxilios y de emergencias a medida que el robot avanza a través de un edificio en llamas (UCSDRobotics, 2013).

Esta investigación es parte de un plan para desarrollar nuevos exploradores robóticos que puedan ayudar a los bomberos durante incendios en edificios. Los robots fotografiarán y cartografiarán de ese modo el interior de edificios durante los incendios utilizando la visión estereoscópica. Usarán los datos reunidos por varios sensores para caracterizar el estado de un incendio, incluyendo temperaturas, gases volátiles (detectados mediante una "nariz electrónica" por los robots), e integridad estructural, mientras buscan supervivientes. Trabajando en equipo de manera coordinada, o cada uno por su cuenta, estos robots, en una cantidad suficiente, podrían trazar con suma rapidez una imagen precisa de realidad virtual aumentada del interior de un edificio. Ellos podrían entonces suministrar dicha imagen, actualizada en tiempo real, al personal de búsqueda y rescate, para que tales especialistas puedan decidir de la mejor manera su plan para sofocar el incendio y sus actividades de rescate.



Figura 2. El Firefighting Robot (FFR) con sensores a bordo: una cámara de imágenes infrarrojas Tamarisk 320 y dos cámaras web de Logitech.

Fuente: Chen & Warren (2013)



Figura 3. Víctima sentada en una esquina oscura del sótano.

Fuente: Chen & Warren (2013)

San Juan, Jamett, Kaschel y Sánchez (2016) muestran un sistema que combina la utilización de Ondas Transformadas (WT, *Wavelet Transforms*), Coeficientes de Predicción Lineal (LPC, *Linear Predictive Coding*) y Redes Neuronales Artificiales (ANN, *Artificial Neural Networks*), para reconocer vocales y sílabas en forma independiente del hablante. Se propone un software automatizado que, a través de una interfaz, permite a usuarios con dificultades de audición o ausencia total de ésta, la posibilidad de emplearlo en primera instancia como una herramienta inicial de apoyo para el aprendizaje de sílabas. En una primera etapa se incorporan las cinco vocales y un número reducido de sílabas, en especial las que podrían tener más dificultad para su identificación. Posteriormente se podría ir incorporando una mayor cantidad de sílabas, de tal forma que el sistema pueda identificar palabras y por consiguiente el aprendizaje del lenguaje hablado. La construcción de este tipo de herramientas es de reconocible trascendencia social debido a que se podrían asistir a personas que padecen algún tipo de trastorno de audición.

El siguiente trabajo, realizado por Gori, Sinapov, Khante, Stone & Aggarwal (2015) examina el problema de reconocer actividades espontáneas de humanos desde una perspectiva de un robot. Se presenta un set de datos novedoso, donde los datos son colectados por un robot móvil autónomo que se mueve alrededor de un edificio y grabando las actividades de las personas en sus alrededores. Las actividades no son especificadas de antemano y a los humanos no se les pide ejecutarlas de modo alguno. En vez de eso, se determinan etiquetas en base a actividades espontáneas grabadas. La clasificación de dichas actividades presenta un número de retos, dado que el movimiento de los robots afecta sus percepciones. Para lidiar con este tema, se propone un descriptor combinado que, junto con características visuales, integra información relacionada a las acciones del robot. Se muestra experimentalmente que tal información es importante para clasificar actividades naturales con alta exactitud. Junto con resultados iniciales para benchmarking futuro, se provee un análisis de la utilidad e importancia de varias características para la tarea de reconocimiento de actividades.

CONCLUSIONES

Los sistemas de reconocimiento en los robots abarcan diferentes aspectos que se concentran en el contexto y uso de cada uno de ellos. En la robótica social estos

aspectos se centran en la interacción con el individuo, es decir, la arquitectura, componentes y recursos utilizados se enfatizan en permitir que los robots se integren con la sociedad humana. Esta interacción se da con el objetivo de contribuir con el ser humano en diversos aspectos de su vida.

El presente reporte, también ha permitido mostrar diversos trabajos y estudios que llevan a máquinas a poder reconocer sentimientos, emociones, movimientos y gestos humanos. Reconocen los protocolos de comunicación utilizados por las personas, actúan de acuerdo a ellos, e incluso, dan soporte al salvamento de vidas a través de la elaboración de mapas de imágenes. Esta semblanza brinda una visión de las posibilidades de desarrollo de las áreas revisadas en vista a contribuir en la investigación dentro de las mismas, por ejemplo, la incursión de robots en el cuidado y enseñanza de niños pequeños de entre 3 y 5 años, considerando que son edades en las que necesitan un alto grado de atención y colaboración con las actividades realizadas dentro del aula, considérese que normalmente se requieren varios profesores para poder trabajar con este grupo de infantes. Se valora asimismo que se podría trabajar con robots sociales dentro de un estacionamiento con el objetivo de guiar a los usuarios en el aparcamiento y posterior retiro de su vehículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azkune-Galparsoro, G., Almeida-Escondrillas, A., Lopez De Ipiña-Gonzalez De Artaza, D. & Chen, L. (2015). Latest trends in human activity modelling. *Dyna. Ingeniería e Industria*, 90(4), 356. DOI: 10.6036/7548
- Broekens, J., Heerink, M. & Rosendal, H. (2009). Assistive social robots in elderly care: a review. *Gerontechnology*, 8(2), 94-103
- Calliess, J.-P., Papachristodoulou, A., & Roberts, S. J. (2014). Stochastic processes and feedback-linearisation for online identification and Bayesian adaptive control of fully-actuated mechanical systems. *CoRR*, abs/1311.4468. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/1311.4468>
- Chen, Y. & Warren, W. (2013). 3D Fusion of Infrared Images with Dense RGB Reconstruction from Multiple Views - with Application to Fire-fighting Robots.
- Cook, D., Feuz, K. D. & Krishnan, N. C. (2013). Transfer Learning for Activity Recognition: A Survey. *Knowledge and information systems*, 36(3), 537-556. doi: 10.1007/s10115-013-0665-3
- Ekman, P. & Friesen, W. (1977). *Facial Action Coding System*. California, Estado Unidos: Stanford University, Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Gori, I., Sinapov, J., Khante, P., Stone, P. & Aggarwal, J. K. (2015). Robot-Centric Activity Recognition "in the Wild". En A. Tapus, E. André, J.-C. Martin, F. Ferland, & M. Ammi (Eds.), *Social Robotics: 7th International Conference, ICSR 2015*, Paris, France, October 26-30, 2015, Proceedings (pp. 224–234). Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-25554-5_23

- Intel Corportaiion, (s.f.). *Intel® RealSense™ Technology*. Recuperado de <https://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/realsense-overview.html>
- Muñoz, M. M. (2016). Riesgos asociados al desarrollo de robots autónomos dotados de inteligencia artificial avanzada en contexto civil y militar. *Ensayos de Filosofía*, 3(1).
- Nuevas habilidades para un robot de reconocimiento de incendios. (Julio 4 del 2013). *Noticias de la Ciencia y la Tecnología (Amazings® / NCYT®)*. Recuperado de <http://noticiasdelaciencia.com/not/7612/nuevas-habilidades-para-un-robot-de-reconocimiento-de-incendios/>
- PARO Robots. (2014) PARO Therapeutic Robot | Photo Gallery. Recuperado de <http://www.parorobots.com/photogallery.asp>
- Pinheiro, P. G., Ramos, J. J. G., Donizete, V. L., Picanço, P. & De Oliveira, G. H. (2017). Workplace Emotion Monitoring—An Emotion-Oriented System Hidden Behind a Receptionist Robot. En D. Zhang & B. Wei (Eds.), *Mechatronics and Robotics Engineering for Advanced and Intelligent Manufacturing*. Held as part of 2nd International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering. Nice, France. doi: 10.1007/978-3-319-33581-0_32
- Poncela, A. & Gallardo-Estrella, L. (2015). Command-based voice teleoperation of a mobile robot via a human-robot interface. *Robotica*, 33(1), 1–18. doi: 10.1017/S0263574714000010
- Ruzafa Costas, F. M. (2016). *Emociones en robots sociales* (tesis de pregado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Šabanović, S., Chang, W.-L., Bennett, C. C., Piatt, J. A., & Hakken, D. (2015). A Robot of My Own: Participatory Design of Socially Assistive Robots for Independently Living Older Adults Diagnosed with Depression. En J. Zhou & G. Salvendy (Eds.), *Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for Aging: First International Conference, ITAP 2015, Held as Part of HCI International 2015*, Los Angeles, CA, USA, August 2-7, 2015. (pp. 104–114). Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-20892-3_11
- San Juan, E., Jamett, M., Kaschel, H. & Sánchez, L. (2016). Sistema de reconocimiento de voz mediante wavelets, predicción lineal y redes backpropagation. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(1), 8–17. doi: 10.4067/S0718-33052016000100002
- Shibata, T. & Wada, K. (2011). Robot Therapy: A New Approach for Mental Healthcare of the Elderly – A Mini-Review. *Gerontology*, 57(4), 378-386.

- Silva, V., Leite, P., Soares, F., Esteves, J. S. & Costa, S. (2017). Imitate Me! — Preliminary Tests on an Upper Members Gestures Recognition System. En P. Garrido, F. Soares, & A. P. Moreira (Eds.), *CONTROLO 2016: 12th Portuguese Conference on Automatic Control* (pp. 373–383). Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-43671-5_32
- Silva, V., Soares, F., Esteves, J. S., Figueiredo, J., Santos, C. & Pereira, A. P. (2017). Happiness and Sadness Recognition System—Preliminary Results with an Intel RealSense 3D Sensor. En P. Garrido, F. Soares, & A. P. Moreira (Eds.), *CONTROLO 2016: 12th Portuguese Conference on Automatic Control* (pp. 385–395). Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-43671-5_33
- Vega Centeno Ponce de León, R. (2016). *Diseño de Muqui: un robot narrador de cuentos* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú
- Youssef, A. E., Aly, S. F., Ibrahim, A. S. & Abbott, A. L. (2013). Auto-Optimized Multimodal Expression Recognition Framework Using 3D Kinect Data for ASD Therapeutic Aid. *International Journal of Modeling and Optimization* 3(2), 112–115. doi: 10.7763/IJMO.2013.V3.247