

ACTAS

DE LAS

XXXVIII Jornadas de Automática

Gijón · Palacio de Congresos · 6, 7 y 8 de Septiembre de 2017



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



CEA
*Comité Español
de Automática*

Colabora

Gijón

Convention Bureau

Actas de

XXXVIII

Jornadas de Automática

© 2017 Universidad de Oviedo
© Los autores

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo
Campus de Humanidades. Edificio de Servicios. 33011 Oviedo (Asturias)
Tel. 985 10 95 03 Fax 985 10 95 07
[http: www.uniovi.es/publicaciones](http://www.uniovi.es/publicaciones)
servipub@uniovi.es

DL AS 2749-2017

ISBN: 978-84-16664-74-0

Todos los derechos reservados. De conformidad con lo dispuesto en la legislación vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reproduzcan o plagien, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, fijada en cualquier tipo y soporte, sin la preceptiva autorización.

Prefacio

Las *Jornadas de Automática* se celebran desde hace **40 años** en una universidad nacional facilitando el encuentro entre expertos en esta área en un foro que permite la puesta en común de las nuevas ideas y proyectos en desarrollo. Al mismo tiempo, propician la siempre necesaria colaboración entre investigadores del ámbito de la Ingeniería de Control y Automática, así como de campos afines, a la hora de abordar complejos proyectos de investigación multidisciplinares.

En esta ocasión, las Jornadas estarán organizadas por la Universidad de Oviedo y se han celebrado del 6 al 8 de septiembre de 2017 en el Palacio de Congresos de Gijón, colaborando tanto la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón (EPI) como el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica de Computadores y de Sistemas del que depende el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Además de las habituales actividades científicas y culturales, esta edición es muy especial al celebrarse el **50 aniversario de la creación de CEA**, Comité Español de Automática. Igualmente este año se conmemora el 60 aniversario de la Federación Internacional del Control Automático de la que depende CEA. Así se ha llevado a cabo la presentación del libro que se ha realizado bajo la coordinación de D. Sebastián Dormido, sobre la historia de la Automática en España en una sesión en la que han participado todos los ex-presidentes de CEA conjuntamente con el actual, D. Joseba Quevedo.

Igualmente hemos contado con la presencia de conferenciantes de prestigio para las sesiones plenarias, comunicaciones y ponencias orales en las reuniones de los 9 grupos temáticos, contribuciones en formato póster. Se ha celebrado también el concurso de CEABOT, así como una nueva Competición de Drones, con el ánimo de involucrar a más estudiantes de últimos cursos de Grado/Máster.

En el marco de las actividades culturales programadas se ha podido efectuar un recorrido en el casco antiguo situado en torno al Cerro de Santa Catalina y visitar la Laboral.

Gijón, septiembre de 2017

Hilario López
Presidente del Comité Organizador

Program Committee

Antonio Agudo	Institut de Robòtica i Informàtica Industrial
Rosa M Aguilar	University of La Laguna.
Luciano Alonso	University of Cantabria
Ignacio Álvarez García	Universidad de Oviedo
Antonio Javier Artuñedo García	Centre for Automation and Robotics (CSIC-UPM)
José M. Azorín	Miguel Hernandez University of Elche
Pedro Balaguer	Universitat Jaume I
Antonio Javier Barragán Piña	Universidad de Huelva
Alfonso Baños	Universidad de Murcia
Guillermo Bejarano	University of Seville
Gerardo Beruvides	Centro de Automática y Robótica
Carlos Bordons	University of Seville
Jose Manuel Bravo	University of Huelva
Jose Luis Calvo-Rolle	University of A Coruña
Fernando Castaño Romero	Centro de Automática y Robótica (UPM -CSIC)
José Luis Casteleiro-Roca	University of Coruña
Alvaro Castro-Gonzalez	Universidad Carlos III de Madrid
Ramon Costa-Castelló	Universitat Politècnica de Catalunya
Abel A. Cuadrado	University of Oviedo
Arturo De La Escalera	Universidad Carlos III de Madrid
Emma Delgado	Universidad de Vigo
Jose-Luis Diez	Universitat Politecnica de Valencia
Manuel Domínguez	Universidad de León
Juan Manuel Escaño	Universidad de Sevilla
Mario Francisco	University of Salamanca
Maria Jesus Fuente	Universidad de Valladolid
Juan Garrido	Universtiy of Cordoba
Antonio Giménez	Universidad de Almeria
Evelio Gonzalez	Universidad de La Laguna
José-Luis Guzmán	Universidad de Almería
Rodolfo Haber	Center for Automation and Robotics (UPM-CSIC)
César Ernesto Hernández	Universidad de Almería
Eloy Irigoyen	UPV/EHU
Agustin Jimenez	Universidad PolitÁcnica de Madrid
Emilio Jiménez	University of La Rioja
Jesus Lozano	Universidad de Extremadura
Jorge Luis Madrid	Centro de Automática y Robótica
Luis Magdalena	Universidad Politécnic de Madrid
David Martin Gomez	Universidad Carlos III de Madrid
Fernando Matia	Universidad Politecnica de Madrid
Joaquim Melendez	Universitat de Girona
Juan Mendez	Universidad de La Laguna
Luis Moreno	Universidad Carlos III de Madrid
María Dolores Moreno Rabel	Universidad de Extremadura
David Muñoz	Universidad de Sevilla
Antonio José Muñoz-Ramirez	Universidad de Málaga
Jose Luis Navarro	Universidad Politecnica de Valencia
Manuel G. Ortega	University of Seville
Andrzej Pawlowski	UNED
Mercedes Perez de La Parte	University of La Rioja
Ignacio Peñarrocha	Universitat Jaume I de Castelló, Spain
José Luis Pitarch	Universidad de Valladolid

Daniel Pérez	University of Oviedo
Emilio Pérez	Universitat Jaume I
Juan Pérez Oria	Universidad de Cantabria
Miguel Ángel Ridao	Universidad de Sevilla
Gregorio Sainz-Palmero	Universidad de Valladolid
Antonio Sala	Universitat Politecnica de Valencia
Ester Sales-Setién	Universitat Jaume I
Jose Sanchez	UNED
Javier Sanchis Saez	Universitat Politecnica de Valencia (UPV)
José Pedro Santos	ITEFI-CSIC
Matilde Santos	Universidad Complutense de Madrid
Alvaro Serna	University of Valladolid
José Enrique Simó	Universidad Politécnica de Valencia
José A. Somolinos	ETS I Navales. Universidad Politecnica de Madrid
Fernando Tadeo	Univ. of Valladolid
Alejandro Tapia	Universidad de Loyola Andalucía
David Tena	Universitat Jaume I
Jesús Torres	Universidad de La Laguna
Pedro M. Vallejo	Universidad de Salamanca
Guilherme Vianna	Universidad de Sevilla
Alejandro Vignoni	AI2 - UPV
Ramón Vilanova	UAB
Francisco Vázquez	Universidad de Cordoba
Jesús M. Zamarreño	University of Valladolid

Revisores Adicionales

Al-Kaff, Abdulla

Balbastre, Patricia
Beltrán de La Cita, Jorge
Bermudez-Cameo, Jesus
Blanco-Claraco, Jose-Luis
Blanes, Francisco
Bonin-Font, Francisco

Cancela, Brais

Ferraz, Luis

Garita, Cesar
Gimenez, Antonio
Gruber, Patrick
Guindel, Carlos

Hernandez Ruiz, Alejandro
Hernandez, Daniel

Jardón Huete, Alberto

López, Amable

Marin, Raul
Marín Plaza, Pablo
Mañanas, Miguel Angel
Morales, Rafael
Moreno, Francisco-Angel

Nuñez, Luis Ramón

Ponz Vila, Aurelio
Posadas-Yague, Juan-Luis
Poza-Luján, Jose-Luis
Pumarola, Albert

Raya, Rafael
Revestido Herrero, Elías
Rocon, Eduardo
Ruiz Sarmiento, José Raúl
Ruiz, Adria

Torres, Jose Luis

Vaquero, Victor

Table of Contents

Ingeniería de Control

TÚNEL DE AGUA PARA PRUEBAS Y CARACTERIZACIÓN DE DISEÑOS EXPERIMENTALES DE TURBINAS HIDROCINÉTICAS	1
<i>Eduardo Alvarez, Manuel Rico-Secades, Antonio Javier Calleja Rodríguez, Joaquín Fernández Francos, Aitor Fernández Jiménez, Mario Alvarez Fernández and Samuel Camba Fernández</i>	
Reduction of population variability in protein expression: A control engineering approach.	8
<i>Yadira Boada, Alejandro Vignoni and Jesús Picó</i>	
CONTROL ROBUSTO DEL PH EN FOTOBIORREACTORES MEDIANTE RECHAZO ACTIVO DE PERTURBACIONES	16
<i>José Carreño, Jose Luis Guzman, José Carlos Moreno and Rodolfo Villamizar</i>	
Control reset para maniobra de cambio de carril y validación con CarSim	23
<i>Miguel Cerdeira, Pablo Falcón, Antonio Barreiro, Emma Delgado and Miguel Díaz-Cacho</i>	
Maniobra de aterrizaje automática de una Cessna 172P modelada en FlightGear y controlada desde un programa en C	31
<i>Mario de La Rosa, Antonio Javier Gallego and Eduardo Fernández</i>	
Alternativas para el control de la red eléctrica aislada en parques eólicos marinos	38
<i>Carlos Díaz-Sanahuja, Ignacio Peñarrocha, Ricardo Vidal-Albalade and Ester Sales-Setién</i>	
CONTROL PREDICTIVO DISTRIBUIDO UTILIZANDO MODELOS DIFUSOS PARA LA NEGOCIACIÓN ENTRE AGENTES	46
<i>Lucía Fargallo, Silvana Roxani Revollar Chavez, Mario Francisco, Pastora Vega and Antonio Cembellín</i>	
Control Predictivo en el espacio de estados de un captador solar tipo Fresnel	54
<i>Antonio Javier Gallego, Mario de La Rosa and Eduardo Fernández</i>	
Control predictivo para la operación eficiente de una planta formada por un sistema de desalación solar y un invernadero	62
<i>Juan Diego Gil Vergel, Lidia Roca, Manuel Berenguel, Alba Ruiz Aguirre, Guillermo Zaragoza and Antonio Giménez</i>	
Depuración de Aguas Residuales en la Industria 4.0	70
<i>Jesus Manuel Gomez-De-Gabriel, Ana María Jiménez Arévalo, Laura Eiroa Mateo and Fco. Javier Fernández-De-Cañete-Rodríguez</i>	
Control robusto con QFT del pH en un fotobioreactor raceway	77
<i>Ángeles Hoyo Sánchez, Jose Luis Guzman, Jose Carlos Moreno and Manuel Berenguel</i>	
Revisión sistemática de la literatura en ingeniería de sistemas. Caso práctico: técnicas de estimación distribuida de sistemas ciberfísicos	84
<i>Carmelina Ierardi, Luis Orihuela Espina, Isabel Jurado Flores, Álvaro Rodríguez Del Nozal and Alejandro Tapia Córdoba</i>	
Desarrollo de un Controlador Predictivo para Autómatas programables basado en la normativa IEC 61131-3	92
<i>Pablo Krupa, Daniel Limon and Teodoro Alamo</i>	
Diseño de un emulador de aerogenerador de velocidad variable DFIG y control de pitch ...	100
<i>Manuel Lara Ortiz, Juan Garrido Jurado and Francisco Vázquez Serrano</i>	

Observación de la fracción de agua líquida en pilas de combustible tipo PEM de cátodo abierto.....	108
<i>Julio Luna and Ramon Costa-Castelló</i>	
Control Predictivo Basado en Datos.....	115
<i>José María Manzano, Daniel Limón, Teodoro Álamo and Jan Peter Calliess</i>	
Control MPC basado en un modelo LTV para seguimiento de trayectoria con estabilidad garantizada.....	122
<i>Sara Mata, Asier Zubizarreta, Ione Nieva, Itziar Cabanes and Charles Pinto</i>	
Implementación y evaluación de controladores basados en eventos en la norma IEC-61499.	130
<i>Oscar Miguel-Escrig, Julio-Ariel Romero-Pérez and Esteban Querol-Dolz</i>	
AUTOMATIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE ENSAYO DE MOTORES.....	138
<i>Alfonso Poncela Méndez, Miguel Ochoa Vega, Eduardo J. Moya de La Torre and F. Javier García Ruíz</i>	
OPTIMIZACIÓN Y CONTROL EN CASCADA DE TEMPERATURA DE RECINTO MEDIANTE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.....	146
<i>David Rodríguez, José Enrique Alonso Alfaya, Guillermo Bejarano Pellicer and Manuel G. Ortega</i>	
Diseño LQ e implementación distribuida para la estimación de estado.....	154
<i>Álvaro Rodríguez Del Nozal, Luis Orihuela, Pablo Millán Gata, Carmelina Ierardi and Alejandro Tapia Córdoba</i>	
Estimación de fugas en un sistema industrial real mediante modelado por señales aditivas.	160
<i>Ester Sales-Setién, Ignacio Peñarrocha and David Tena</i>	
Advanced control based on MPC ideas for offshore hydrogen production.....	167
<i>Alvaro Serna, Fernando Tadeo and Julio. E Normey-Rico</i>	
Transfer function parameters estimation by symmetric send-on-delta sampling.....	174
<i>José Sánchez, María Guinaldo, Sebastián Dormido and Antonio Visioli</i>	
An Estimation Approach for Process Control based on Asymmetric Oscillations.....	181
<i>José Sánchez, María Guinaldo Losada, Sebastian Dormido, José Luis Fernández Marrón and Antonio Visioli</i>	
Robust PI controller for disturbance attenuation and its application for voltage regulation in islanded microgrid.....	189
<i>Ramon Vilanova, Carles Pedret and Orlando Arrieta</i>	
Infraestructura para explotación de datos de un simulador azucarero.....	197
<i>Jesús M. Zamarreño, Cristian Pablos, Alejandro Merino, L. Felipe Acebes and De Prada César</i>	
<hr/> Automar <hr/>	
INFRAESTRUCTURA PARA ESTUDIAR ADAPTABILIDAD Y TRANSPARENCIA EN EL CENTRO DE CONTROL VERSÁTIL.....	203
<i>Juan Antonio Bonache Seco, José Antonio Lopez Orozco, Eva Besada Portas and Jesús Manuel de La Cruz</i>	
ARQUITECTURA DE CONTROL HÍBRIDA PARA LA NAVEGACIÓN DE VEHÍCULOS SUBMARINOS NO TRIPULADOS.....	211
<i>Francisco J. Lastra, Jesús A. Trujillo, Francisco J. Velasco and Elías Revestido</i>	

Exploración y Reconstrucción 3D de Fondos Marinos Mediante AUVs y Sensores Acústicos	218
<i>Oscar L. Manrique Garcia, Mario Andrei Garzon Oviedo and Antonio Barrientos</i>	
AUTOMATIZACIÓN DE MANIOBRAS PARA UN TEC DE 2GdL	226
<i>Marina Pérez de La Portilla, José Andrés Somolinos Sánchez, Amable López Piñeiro, Rafael Morales Herrera and Eva Segura</i>	
MERBOTS PROJECT: OVERALL DESCRIPTION, MULTISENSORY AUTONOMOUS PERCEPTION AND GRASPING FOR UNDERWATER ROBOTICS INTERVENTIONS	232
<i>Pedro J. Sanz, Raul Marin, Antonio Peñalver, David Fornas and Diego Centelles</i>	
<hr/> Bioingeniería <hr/>	
MARCADORES CUADRADOS Y DEFORMACIÓN DE OBJETOS EN NAVEGACIÓN QUIRÚRGICA CON REALIDAD AUMENTADA	238
<i>Eliana Aguilar, Oscar Andres Vivas and Jose Maria Sabater-Navarro</i>	
Entrenamiento robótico de la marcha en pacientes con Parálisis Cerebral: definición de objetivos, propuesta de tratamiento e implementación clínica preliminar	244
<i>Cristina Bayón, Teresa Martín-Lorenzo, Beatriz Moral-Saiz, Óscar Ramírez, Álvaro Pérez-Somarriba, Sergio Lerma-Lara, Ignacio Martínez and Eduardo Rocon</i>	
PREDICCIÓN DE ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA EN ENTORNOS INTELIGENTES PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA	251
<i>Arturo Bertomeu-Motos, Santiago Ezquerro, Juan Antonio Barios, Luis Daniel Lledó, Francisco Javier Badesa and Nicolas Garcia-Aracil</i>	
Sistema de Visión Estereoscópico para el guiado de un Robot Quirúrgico en Operaciones de Cirugía Laparoscópica HALS.....	256
<i>Carlos Castedo Hernández, Rafael Estop Remacha, Eusebio de La Fuente López and Lidia Santos Del Blanco</i>	
Head movement assessment of cerebral palsy users with severe motor disorders when they control a computer thought eye movements.....	264
<i>Alejandro Clemotte, Miguel A. Velasco and Eduardo Rocon</i>	
Diseño de un sensor óptico de fuerza para exoesqueletos de mano.....	270
<i>Jorge Diez Pomares, Andrea Blanco Ivorra, José María Catalan Orts, Francisco Javier Badesa Clemente, José María Sabater and Nicolas Garcia Aracil</i>	
POSIBILIDADES DEL USO DE TRAMAS ARTIFICIALES DE IMAGEN MOTORA PARA UN BCI BASADO EN EEG	276
<i>Josep Dinarès-Ferran, Christoph Guger and Jordi Solé-Casals</i>	
EFFECTOS SOBRE LA ERD EN TAREAS DE CONTROL DE EXOESQUELETO DE MANO EMPLEANDO BCI.....	282
<i>Santiago Ezquerro, Juan Antonio Barios, Arturo Bertomeu-Motos, Luisa Lorente, Nuria Requena, Irene Delegido, Francisco Javier Badesa and Nicolas Garcia-Aracil</i>	
Formulación Topológica Adaptada para la Simulación y Control de Exoesqueletos Accionados con Transmisiones Harmonic Drive.....	288
<i>Andres Hidalgo Romero and Eduardo Rocon</i>	

Identificación de contracciones isométricas de la extremidad superior en pacientes con lesión medular incompleta mediante características espectrales de la electromiografía de alta densidad (HD-EMG)	296
<i>Mislav Jordanic, Mónica Rojas-Martínez, Joan Francesc Alonso, Carolina Migliorelli and Miguel Ángel Mañanas</i>	
Diseño de una plataforma para analizar el efecto de la estimulación mecánica aferente en el temblor de pacientes con temblor esencial	302
<i>Julio S. Lora, Roberto López, Jesús González de La Aleja and Eduardo Rocon</i>	
DEFINICIÓN DE UN PROTOCOLO PARA LA MEDIDA PRECISA DEL RANGO CERVICAL EMPLEANDO TECNOLOGÍA INERCIAL	308
<i>Álvaro Martín, Rafael Raya, Cristina Sánchez, Rodrigo Garcia-Carmona, Oscar Ramirez and Abraham Otero</i>	
SISTEMA BRAIN-COMPUTER INTEFACE DE NAVEGACIÓN WEB ORIENTADO A PERSONAS CON GRAVE DISCAPACIDAD.....	313
<i>Víctor Martínez-Cagigal, Javier Gómez-Pilar, Daniel Álvarez, Eduardo Santamaría-Vázquez and Roberto Hornero</i>	
ESTRATEGIAS DE NEUROESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL POR CORRIENTE DIRECTA PARA MEJORA COGNITIVA	320
<i>Silvia Moreno Serrano, Mario Ortiz and José María Azorín Poveda</i>	
COMPARATIVA DE ALGORITMOS PARA LA DETECCIÓN ONLINE DE IMAGINACIÓN MOTORA DE LA MARCHA BASADO EN SEÑALES DE EEG	328
<i>Marisol Rodriguez-Ugarte, Irma Nayeli Angulo Sherman, Eduardo Iáñez and Jose M. Azorin</i>	
DETECCIÓN, MEDIANTE UN GUANTE SENSORIZADO, DE MOVIMIENTOS SELECCIONADOS EN UN SISTEMA ROBOTIZADO COLABORATIVO PARA HALS	334
<i>Lidia Santos, José Luis González, Eusebio de La Fuente, Juan Carlos Fraile and Javier Pérez Turiel</i>	
BIOSENSORES PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO PATOLOGÍAS REUMATOIDES	340
<i>Amparo Tirado, Raúl Marín, José V Martí, Miguel Belmonte and Pedro Sanz</i>	
Assessment of tremor severity in patients with essential tremor using smartwatches	347
<i>Miguel A. Velasco, Roberto López-Blanco, Juan P. Romero, M. Dolores Del Castillo, J. Ignacio Serrano, Julián Benito-León and Eduardo Rocon</i>	
INTERFAZ CEREBRO-ORDENADOR PARA EL CONTROL DE UNA SILLA DE RUEDAS A TRAVÉS DE DOS PARADIGMAS DE NAVEGACIÓN	353
<i>Fernández-Rodríguez Álvaro, Velasco-Álvarez Francisco and Ricardo Ron-Angevin</i>	
<hr/> Control Inteligente <hr/>	
Aprendizaje por Refuerzo para sistemas lineales discretos con dinámica desconocida: Simulación y Aplicación a un Sistema Electromecánico	360
<i>Henry Diaz, Antonio Sala and Leopoldo Armesto</i>	
Diseño de sistemas de control en cascada clásico y borroso para el seguimiento de trayectorias	368
<i>Javier G. Gonzalez, Rodolfo Haber, Fernando Matia and Marcelino Novo</i>	

ANÁLISIS FORMAL DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS NO LINEALES MEDIANTE REDES NEURONALES.....	376
<i>Eloy Irigoyen, Mikel Larrea, A. Javier Barragán, Miguel Ángel Martínez and José Manuel Andújar</i>	
Predicción de la energía renovable proveniente del oleaje en las islas de Fuerteventura y Lanzarote.	384
<i>G.Nicolás Marichal, Deivis Avila, Ángela Hernández, Isidro Padrón and José Ángel Rodríguez</i>	
Aplicación de Redes Neuronales para la Estimación de la Resistencia al Avance en Buques	393
<i>Daniel Marón Blanco and Matilde Santos</i>	
Novel Fuzzy Torque Vectoring Controller for Electric Vehicles with per-wheel Motors	401
<i>Alberto Parra, Martín Dendaluze, Asier Zubizarreta and Joshué Pérez</i>	
REPOSTAJE EN TIERRA DE UN AVIÓN MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS .	408
<i>Elías Plaza and Matilde Santos</i>	
VISUALIZACIÓN WEB INTERACTIVA PARA EL ANÁLISIS DEL CHATTER EN LAMINACIÓN EN FRÍO.....	416
<i>Daniel Pérez López, Abel Alberto Cuadrado Vega and Ignacio Díaz Blanco</i>	
BANCADA PARA ANÁLISIS INTELIGENTE DE DATOS EN MONITORIZACIÓN DE SALUD ESTRUCTURAL.....	424
<i>Daniel Pérez López, Diego García Pérez, Ignacio Díaz Blanco and Abel Alberto Cuadrado Vega</i>	
CONTROL DE UN VEHÍCULO CUATRIRROTOR BASADO EN REDES NEURONALES.....	431
<i>Jesus Enrique Sierra and Matilde Santos</i>	
CONTROL PREDICTIVO FUZZY CON APLICACIÓN A LA DEPURACIÓN BIOLÓGICA DE FANGOS ACTIVADOS.....	437
<i>Pedro M. Vallejo Llamas and Pastora Vega Cruz</i>	
<hr/> Educación en Automática <hr/>	
REFLEXIONES SOBRE EL VALOR DOCENTE DE UNA COMPETICION DE DRONES EN LA EDUCACIÓN PARA EL CONTROL.....	445
<i>Ignacio Díaz Blanco, Alvaro Escanciano Urigüen, Antonio Robles Alvarez and Hilario López García</i>	
Uso del Haptic Paddle con aprendizaje basado en proyectos.....	451
<i>Juan M. Gandarias, Antonio José Muñoz-Ramírez and Jesus Manuel Gomez-De-Gabriel</i>	
REPRESENTACION INTEGRADA DE ACCIONAMIENTOS MECANICOS Y CONTROL DE EJES ORIENTADA A LA COMUNICACIÓN Y DOCENCIA EN MECATRONICA.....	457
<i>Julio Garrido Campos, David Santos Esterán, Juan Sáez López and José Ignacio Armesto Quiroga</i>	
Construcción y modelado de un prototipo fan & plate para prácticas de control automático	465
<i>Cristina Lampon, Javier Martin, Ramon Costa-Castelló and Muppaneni Lokesh Chowdary</i>	

EDUCACION EN AUTOMATICA E INDUSTRIA 4.0 MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS 3D	471
<i>Jose Ramon Llata, Esther Gonzalez-Sarabia, Carlos Torre-Ferrero and Ramon Sancibrian</i>	
Desarrollo e implementación de un sistema de control en una planta piloto hibrida.....	479
<i>Maria P. Marcos, Cesar de Prada and Jose Luis Pitarch</i>	
LA INFORMÁTICA INDUSTRIAL EN LAS INGENIERÍAS INDUSTRIALES	486
<i>Rogelio Mazaeda, Eusebio de La Fuente López, José Luis González, Eduardo J. Moya de La Torre, Miguel Angel García Blanco, Javier García Ruiz, María Jesús de La Fuente Aparicio, Gregorio Sainz Palmero and Smaranda Cristea</i>	
Ventajas docentes de un flotador magnético para la experimentación de técnicas control ..	495
<i>Eduardo Montijano, Carlos Bernal, Carlos Sagües, Antonio Bono and Jesús Sergio Artal</i>	
PROGRAMACIÓN ATRACTIVA DE PLC	502
<i>Eduardo J. Moya de La Torre, F. Javier García Ruíz, Alfonso Poncela Méndez and Victor Barrio Lángara</i>	
MODERNIZACIÓN DE EQUIPO FEEDBACK MS-150 PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO EN INGENIERÍA DE CONTROL	510
<i>Perfecto Reguera Acevedo, Miguel Ángel Prada Medrano, Antonio Morán Álvarez, Juan José Fuertes Martínez, Manuel Domínguez González and Serafín Alonso Castro</i>	
INNOVACIÓN PEDAGÓGICA EN LA FORMACIÓN DEL PERFIL PROFESIONAL PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL A TRAVÉS DE UNA APROXIMACIÓN HOLÍSTICA.	517
<i>Juan Carlos Ríos, Zaneta Babel, Daniel Martínez, José María Paredes, Luis Alonso, Pablo Hernández, Alejandro García, David Álvarez, Jorge Miranda, Constantino Manuel Valdés and Jesús Alonso</i>	
Aprendiendo Simulación de Eventos Discretos con JaamSim	522
<i>Enrique Teruel and Rosario Aragüés</i>	
RED NEURONAL AUTORREGRESIVA NO LINEAL CON ENTRADAS EXÓGENAS PARA LA PREDICCIÓN DEL ELECTROENCEFALOGRAMA FETAL...	528
<i>Rosa M Aguilar, Jesús Torres and Carlos Martín</i>	
ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE MATERIA EN REACTORES RACEWAYS.....	534
<i>Marta Barceló, Jose Luis Guzman, Francisco Gabriel Acién, Ismael Martín and Jorge Antonio Sánchez</i>	
MODELADO DINÁMICO DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE FRÍO VINCULADO A UN CICLO DE REFRIGERACIÓN	539
<i>Guillermo Bejarano Pellicer, José Joaquín Suffo, Manuel Vargas and Manuel G. Ortega</i>	
Predictor Intervalar basado en hiperplano soporte	547
<i>José Manuel Bravo Caro, Manuel Vasallo Vázquez, Emilian Cojocarú and Teodoro Alamo Cantarero</i>	
Dynamic simulation applied to refinery hydrogen networks	555
<i>Anibal Galan Prado, Cesar De Prada, Gloria Gutierrez, Rafael Gonzalez and Daniel Sarabia</i>	

APROXIMACIÓN DE MODELOS ALGEBRAICOS MEDIANTE ALAMO Y ECOSIMPRO	563
<i>Carlos Gómez Palacín, José Luis Pitarch, Gloria Gutiérrez and Cesar De Prada</i>	
A Causal Model to Analyze Aircraft Collision Avoidance Deadlock Scenarios	569
<i>Miquel Àngel Piera Eroles, Julia de Homdedeu, Maria Del Mar Tous, Thimjo Koca and Marko Radanovic</i>	
ONLINE DECISION SUPPORT FOR AN EVAPORATION NETWORK	575
<i>José Luis Pitarch, Marc Kalliski, Carlos Gómez Palacín, Christian Jasch and Cesar De Prada</i>	
Predicción de la irradiancia a partir de datos de satélite mediante deep learning	582
<i>Javier Pérez, Jorge Segarra-Tamarit, Hector Beltran, Carlos Ariño, José Carlos Alfonso Gil, Aleks Attanasio and Emilio Pérez</i>	
MODELO DINÁMICO ORIENTADO AL TRATAMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA LEUCEMIA MIELOIDE CRÓNICA	589
<i>Gabriel Pérez Rodríguez and Fernando Morilla</i>	
Modelado y optimización de la operación de un sistema de bombeo de múltiples depósitos	596
<i>Roberto Sanchis Llopis and Ignacio Peñarrocha</i>	
DEVELOPMENT OF A GREY MODEL FOR A MEDIUM DENSITY FIBREBOARD DRYER IN ECOSIMPRO	604
<i>Pedro Santos, Jose Luis Pitarch and César de Prada</i>	
DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE FALLOS MEDIANTE MONITORIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LAS FECHAS DE LIMPIEZA PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	611
<i>Jorge Segarra-Tamarit, Emilio Pérez, Hector Beltran, Enrique Belenguer and José Luis Gandía</i>	
Modelado de micro-central hidráulica para el diseño de controladores con aplicación en regiones aisladas de Honduras	618
<i>Alejandro Tapia Córdoba, Pablo Millán Gata, Fabio Gómez-Estern Aguilar, Carmelina Ierardi and Álvaro Rodríguez Del Nozal</i>	
FRAMEWORK PARA EL MODELADO DE UN LAGO DE DATOS	626
<i>J.M Torres, R.M. Aguilar, C.A. Martin and S. Diaz</i>	
SIMULADOR CARDIOVASCULAR PARA ENSAYO DE ROBOTS DE NAVEGACION AUTONOMA	633
<i>José Emilio Traver, Juan Francisco Ortega Morán, Ines Tejado, J. Blas Pagador, Fei Sun, Raquel Pérez-Aloe, Blas M. Vinagre and F. Miguel Sánchez Margallo</i>	
PLANIFICACION DE LA PRODUCCION BASADA EN CONTROL PREDICTIVO PARA PLANTAS TERMOSOLARES	641
<i>Manuel Jesús Vasallo Vázquez, José Manuel Bravo Caro, Emilian Cojocarú and Manuel Emilio Gegundez Arias</i>	
Evaluación multicriterio para la optimización de redes de energía	649
<i>Ascensión Zafra Cabeza, Rafael Espinosa, Miguel Àngel Ridao Carlini and Carlos Bordóns Alba</i>	
Percibiendo el entorno en los robots sociales del RoboticsLab	657
<i>Fernando Alonso Martín, Jose Carlos Castillo Montoya, Àlvaro Castro-Gonzalez, Juan José Gamboa, Marcos Maroto Gómez, Sara Marqués Villaroya, Antonio J. Pérez Vidal and Miguel Àngel Salichs</i>	

DISEÑO DE UNA PRÓTESIS DE MANO ADAPTABLE AL CRECIMIENTO	664
<i>Marta Ayats and Raul Suarez</i>	
COOPERATIVISMO BIOINSPIRADO BASADO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS HORMIGAS	672
<i>Brayan Bermudez, Kristel Novoa and Miguel Valbuena</i>	
PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE UN EXOESQUELETO DE MIEMBRO SUPERIOR PARA SOPORTE DE CARGAS	680
<i>Andrea Blanco Ivorra, Jorge Diez Pomares, David Lopez Perez, Francisco Javier Badesa Clemente, Miguel Ignacio Sanchez and Nicolas Garcia Aracil</i>	
Estructura de control en ROS y modos de marcha basados en máquinas de estados de un robot hexápodo	686
<i>Raúl Cebolla Arroyo, Jorge De Leon Rivas and Antonio Barrientos</i>	
USING AN UAV TO GUIDE THE TELEOPERATION OF A MOBILE MANIPULATOR	694
<i>Josep Arnau Claret and Luis Basañez</i>	
Estudio de los patrones de marcha para un robot hexápodo en tareas de búsqueda y rescate	701
<i>Jorge De León Rivas and Antonio Barrientos</i>	
SISTEMA DE INTERACCIÓN VISUAL PARA UN ROBOT SOCIAL	709
<i>Mario Domínguez López, Eduardo Zalama Casanova, Jaime Gómez García-Bermejo and Samuel Marcos Pablos</i>	
Mejora del Comportamiento Proxémico de un Robot Autónomo mediante Motores de Inteligencia Artificial Desarrollados para Plataformas de Videojuegos	717
<i>David Fernández Chaves, Javier Monroy and Javier Gonzalez-Jimenez</i>	
Micrófonos de contacto: una alternativa para sensado táctil en robots sociales	724
<i>Juan José Gamboa, Fernando Alonso Martín, Jose Carlos Castillo, Marcos Maroto Gómez and Miguel A. Salichs</i>	
Clasificación de información táctil para la detección de personas	732
<i>Juan M. Gandarias, Jesús M. Gómez-De-Gabriel and Alfonso García-Cerezo</i>	
Planificación para interceptación de objetivos: Integración del Método Fast Marching y Risk-RRT	738
<i>David Alfredo Garzon Ramos, Mario Andrei Garzon Oviedo and Antonio Barrientos</i>	
ESTABILIZACIÓN DE UNA BOLA SOBRE UN PLANO UTILIZANDO UN ROBOT PARALELO 6-RSS	746
<i>Daniel González, Lluís Ros and Federico Thomas</i>	
TELEOPERACIÓN DE INSTRUMENTOS QUIRÚRGICOS ARTICULADOS	754
<i>Ana Gómez Delgado, Carlos Perez-Del-Pulgar, Antonio Reina Terol and Victor Muñoz Martinez</i>	
CONTROL OF A ROBOTIC ARM FOR TRANSPORTING OBJECTS BASED ON NEURO-FUZZY LEARNING VISUAL INFORMATION	760
<i>Juan Hernández Vicén, Santiago Martínez de La Casa Díaz and Carlos Balaguer</i>	
PLATAFORMA BASADA EN LA INTEGRACIÓN DE MATLAB Y ROS PARA LA DOCENCIA DE ROBÓTICA DE SERVICIO	766
<i>Carlos G. Juan, Jose Maria Vicente, Alvaro Garcia and Jose Maria Sabater-Navarro</i>	

Estimadores de fuerza y movimiento para el control de un robot de rehabilitación de extremidad superior.....	772
<i>Aitziber Mancisidor, Asier Zubizarreta, Itziar Cabanes, Pablo Bengoa and Asier Brull</i>	
Definiendo los elementos que constituyen un robot social portable de bajo coste	780
<i>Marcos Maroto Gómez, José Carlos Castillo, Fernando Alonso-Martín, Juan José Gamboa, Sara Marqués Villarroya and Miguel Ángel Salichs</i>	
Interfaces táctiles para Interacción Humano-Robot	787
<i>Sara Marqués Villarroya, Jose Carlos Castillo Montoya, Fernando Alonso Martín, Marcos Maroto Gómez, Juan José Gamboa and Miguel A. Salichs</i>	
HERRAMIENTAS DE ENTRENAMIENTO Y MONITORIZACIÓN PARA EL DESMINADO HUMANITARIO	793
<i>Hector Montes, Roemi Fernandez, Pablo Gonzalez de Santos and Manuel Armada</i>	
Control a Baja Velocidad de una Rueda con Motor de Accionamiento Directo mediante Ingeniería Basada en Modelos	799
<i>Antonio José Muñoz-Ramírez, Jesús Manuel Luque-Bedmar, Jesus Manuel Gomez-De-Gabriel, Anthony Mandow, Javier Serón and Alfonso Garcia-Cerezo</i>	
SIMULACIÓN DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS USANDO V-REP BAJO ROS	806
<i>Cándido Otero Moreira, Enrique Paz Domonte, Rafael Sanz Dominguez, Joaquín López Fernández, Rafael Barea, Eduardo Romera, Eduardo Molinos, Roberto Arroyo, Luís Miguel Bergasa and Elena López</i>	
Cinemática y prototipado de un manipulador paralelo con centro de rotación remoto para robótica quirúrgica.....	814
<i>Francisco Pastor, Juan M. Gandarias and Jesús M. Gómez-De-Gabriel</i>	
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE SINGULARIDADES AISLADAS EN ROBOTS PARALELOS MEDIANTE DESARROLLOS DE TAYLOR DE SEGUNDO ORDEN.....	821
<i>Adrián Peidro Vidal, Óscar Reinoso, Arturo Gil, José María Marín and Luis Payá</i>	
INTERFAZ DE CONTROL PARA UN ROBOT MANIPULADOR MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL	829
<i>Elena Peña-Tapia, Juan Jesús Roldán, Mario Garzón, Andrés Martín-Barrio and Antonio Barrientos</i>	
Evolución de la robótica social y nuevas tendencias.....	836
<i>Antonio J. Pérez Vidal, Alvaro Castro-Gonzalez, Fernando Alonso Martín, Jose Carlos Castillo Montoya and Miguel A. Salichs</i>	
DISEÑO MECÁNICO DE UN ASISTENTE ROBÓTICO CAMARÓGRAFO CON APRENDIZAJE COGNITIVO	844
<i>Irene Rivas-Blanco, M Carmen López-Casado, Carlos Pérez-Del-Pulgar, Francisco García-Vacas, Víctor Fernando Muñoz, Enrique Bauzano and Juan Carlos Fraile</i>	
CÁLCULO DE FUERZAS DE CONTACTO PARA PRENSIONES BIMANUALES.....	852
<i>Francisco Abiud Rojas-De-Silva and Raul Suarez</i>	
Modelado del Contexto Geométrico para el Reconocimiento de Objetos.....	860
<i>José Raúl Ruiz Sarmiento, Cipriano Galindo and Javier Gonzalez-Jimenez</i>	
Estimación Probabilística de Áreas de Emisión de Gases con un Robot Móvil Mediante la Integración Temporal de Observaciones de Gas y Viento	868
<i>Carlos Sanchez-Garrido, Javier Monroy and Javier Gonzalez-Jimenez</i>	

MANIPULADOR AÉREO CON BRAZOS ANTROPOMÓRFICOS DE ARTICULACIONES FLEXIBLES	876
<i>Alejandro Suarez, Guillermo Heredia and Anibal Ollero</i>	
EVALUACIÓN DE UN ENTORNO DE TELEOPERACIÓN CON ROS	864
<i>David Vargas Frutos, Juan Carlos Ramos Martínez, José Luis Samper Escudero, Miguel Ángel Sánchez-Urán González and Manuel Ferre Pérez</i>	

Sistemas de Tiempo Real

GENERACIÓN DE CÓDIGO IEC 61131-3 A PARTIR DE DISEÑOS EN GRAFCET....	892
<i>María Luz Alvarez Gutierrez, Isabel Sarachaga Gonzalez, Arantzazu Burgos Fernandez, Nagore Iriondo Urbistazu and Marga Marcos Muñoz</i>	
CONTROL EN TIEMPO REAL Y SUPERVISIÓN DE PROCESOS MEDIANTE SERVIDORES OPC-UA	900
<i>Francisco Blanes Noguera and Andrés Benlloch Faus</i>	
Control de la Ejecución en Sistemas de Criticidad Mixta	906
<i>Alfons Crespo, Patricia Balbastre, Jose Simo and Javier Coronel</i>	
GENERACIÓN AUTOMÁTICA DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN TIA PORTAL PARA MÁQUINAS MODULARES	913
<i>Darío Orive, Aintzane Armentia, Eneko Fernandez and Marga Marcos</i>	
DDS en el desarrollo de sistemas distribuidos heterogéneos con soporte para criticidad mixta	921
<i>Hector Perez and J. Javier Gutiérrez</i>	
ARQUITECTURA DISTRIBUIDA PARA EL CONTROL AUTÓNOMO DE DRONES EN INTERIOR	929
<i>Jose-Luis Poza-Luján, Juan-Luis Posadas-Yaguë, Giovanni-Javier Tipantuña-Topanta, Francisco Abad and Ramón Mollá</i>	
Ingeniería Conducida por Modelos en Sistemas de Automatización Flexibles	935
<i>Rafael Priego, Elisabet Estévez, Darío Orive, Isabel Sarachaga and Marga Marcos</i>	
Estudio e implementación de Middleware para aplicaciones de control distribuido	942
<i>Jose Simo, Jose-Luis Poza-Lujan, Juan-Luis Posadas-Yaguë and Francisco Blanes</i>	

Visión por Computador

Real-Time Image Mosaicking for Mapping and Exploration Purposes	948
<i>Abdulla Al-Kaff, Juan Camilo Soto Triviño, Raúl Sosa San Frutos, Arturo de La Escalera and José María Armingol Moreno</i>	
ALGORITMO DE SLAM UTILIZANDO APARIENCIA GLOBAL DE IMÁGENES OMNIDIRECCIONALES	956
<i>Yerai Berenguer, Luis Payá, Mónica Ballesta, Luis Miguel Jiménez, Sergio Cebollada and Oscar Reinoso</i>	
Medición de Oximetría de Pulso mediante Imagen fotopletismográfica.....	964
<i>Juan-Carlos Cobos-Torres, Jordan Ortega Rodríguez, Pablo J. Alhama Blanco and Mohamed Abderrahim</i>	
Algoritmo de captura de movimiento basado en visión por computador para la teleoperación de robots humanoides	970
<i>Juan Miguel Garcia Haro and Santiago Martinez de La Casa</i>	

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DETECCIÓN DE ROSTROS EN IMÁGENES DIGITALES	976
<i>Natalia García Del Prado, Victor Gonzalez Castro, Enrique Alegre and Eduardo Fidalgo Fernández</i>	
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO DE FUGA PARA SISTEMA DE DETECCIÓN DE LÍNEAS DE CARRIL	983
<i>Manuel Ibarra-Arenado, Tardi Tjahjadi, Sandra Robla-Gómez and Juan Pérez-Oria</i>	
Oculus-Crawl, a Software Tool for Building Datasets for Computer Vision Tasks	991
<i>Iván De Paz Centeno, Eduardo Fidalgo Fernández, Enrique Alegre Gutiérrez and Wesam Al Nabki</i>	
Clasificación automática de obstáculos empleando escáner láser y visión por computador ..	999
<i>Aurelio Ponz, Fernando Garcia, David Martin, Arturo de La Escalera and Jose Maria Armingol</i>	
T-SCAN: OBTENCIÓN DE NUBES DE PUNTOS CON COLOR Y TEMPERATURA EN INTERIOR DE EDIFICIOS	1007
<i>Tomás Prado, Blanca Quintana, Samuel A. Prieto and Antonio Adan</i>	
EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA REALIZAR RESÚMENES AUTOMÁTICOS DE VÍDEOS	1015
<i>Pablo Rubio, Eduardo Fidalgo, Enrique Alegre and Víctor González</i>	
SIMULADOR PARA LA CREACIÓN DE MUNDOS VIRTUALES PARA LA ASISTENCIA A PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA EN SILLA DE RUEDAS .	1023
<i>Carlos Sánchez Sánchez, María Cidoncha Jiménez, Emiliano Pérez, Ines Tejado and Blas M. Vinagre</i>	
Calibración Extrínseca de un Conjunto de Cámaras RGB-D sobre un Robot Móvil	1031
<i>David Zúñiga-Nöel, Rubén Gómez Ojeda, Francisco-Ángel Moreno and Javier González Jiménez</i>	

Evolución de la robótica social y nuevas tendencias

Antonio J. Pérez Vidal Álvaro Castro-González Fernando Alonso-Martín
 University Carlos III of Madrid University Carlos III of Madrid University Carlos III of Madrid
 100355616@alumnos.uc3m.es acgonzal@ing.uc3m.es famartin@ing.uc3m.es

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

Resumen

La robótica cada día es una realidad más presente en nuestras vidas, cambiando la forma con la que las personas interactuamos con nuestro entorno e incluso entre nosotros. En este artículo se hace una revisión histórica del campo de la robótica social así como sus aplicaciones y campos de investigación. Para ello se muestra la evolución en cuatro periodos comprendiendo el origen, el estado actual de las investigaciones y el futuro sofisticado hacia el cual se dirige.

Palabras clave: Robótica social, interacción humano-robot, inteligencia artificial.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia ficción ha jugado un papel muy importante en la creación de la imagen de un robot. Una imagen presente en gran medida tanto en la industria cinematográfica como en la literatura. Este conjunto ha creado una idea parcialmente mitificada de lo que un robot es o puede llegar a ser. Sin embargo, el aludir a la idea de robot acuñada por la ciencia ficción como eso mismo (ciencia ficción), no significa que sea una idea descabellada o que esté tan alejada de la realidad, o al menos de una realidad futura.

El concepto de robot difiere entre algunos científicos a la hora de adjudicarlo en algunas máquinas, pero generalmente todos coinciden en determinados factores. Así, un robot es una máquina programable que puede manipular objetos y realizar operaciones que antes sólo podían realizar los seres humanos. El robot puede ser tanto un mecanismo electromecánico físico como un sistema virtual de software. Ambos coinciden en brindar la sensación de contar con capacidad de pensamiento o resolución, aunque gran parte de los robots por ahora se limitan a ejecutar órdenes dictadas por las personas [17].

Nos encontramos en una época en la que la tecnología avanza a velocidades vertiginosas,

aunque la mayoría de las personas piensen que existe cierto estancamiento en este ámbito. La realidad es que el mundo de la ciencia y la tecnología sí que ha avanzado a grandes pasos en estas décadas. Hace cuarenta años nadie podía soñar con poder hablar con alguien a distancia y al mismo tiempo poder ver a esa persona, y sin embargo ahora tenemos smartphones que hacen eso y mucho más. Tenemos entre otras muchas cosas, mecanismos de reconocimiento facial y de voz, comienzan a aparecer los coches autónomos, e incluso se está organizando actualmente el viaje de colonización a Marte. Cosas que hoy en día parecen prácticamente normales y sin embargo años décadas atrás tan sólo eran sueños.

Dentro de toda esta nueva era tecnológica la robótica juega un papel fundamental, y es que su estudio aporta cada vez más mejoras a la vida cotidiana y a los trabajos complicados. Campos como los exoesqueletos estudian ayudar a las personas con discapacidades motrices, intentando mejorar sus vidas; los automóviles autónomos se encuentran ya en el mercado comenzando a aumentar sus ventas; los robots espaciales nos brindan imágenes de planetas a miles de millones de kilómetros de distancia y nos ayudan a poder entender mejor nuestro universo.

Aquí tienen un lugar especial los denominados robots sociales cuyo objetivo principal es interactuar con los humanos de forma totalmente natural e intuitiva como si fueran un ser vivo más. Vamos a entrar en materia dentro de la robótica social, haciendo un repaso acerca de en qué consiste exactamente un robot social y comentando brevemente los orígenes de esta ciencia, su estado actual y por último un breve apartado imaginativo sobre qué deparará el futuro de esta tecnología.

2. ROBÓTICA SOCIAL

La robótica social está introduciéndose a un ritmo moderado dentro de la sociedad humana formando parte de la normalidad del día a día, permitiendo así que el contacto y la interacción

humano-robótica se produzca a mayor escala, incluyendo así poco a poco a los robots en la vida social humana. Pero, ¿qué quiere decir que un robot es social? La sociabilidad implica la existencia de relaciones de interacción. Un agente capaz de interactuar y poseer un comportamiento comunicativo es considerado social. La simple existencia de dos robots autónomos en el mismo entorno fuerza aspectos del contacto social, sea éste directo o indirecto.

Una perspectiva es que uno mismo debe estar consciente de sus estados mentales y ser capaz de atribuir estados mentales a otros, lo que permite predecir y analizar los comportamientos de uno mismo y de los demás. Esto permitiría a uno ser capaz de lidiar con relaciones sociales complejas y también exhibir la habilidad para resolver problemas abstractos. La hipótesis Maquiavélica [2], promulga que todas estas capacidades intelectuales evolucionaron de un dominio social. La hipótesis de inteligencia social fomenta la teoría de que para poder alcanzar un grado de comportamiento inteligente de un agente, éste debe estar incorporado tanto en un entorno físico como en un entorno social. Este agente estará por lo tanto sujeto a interacciones sociales dinámicas y complejas en el mundo real, factor que en Duffy, Brian R. et al. [2] es considerado necesario para el desarrollo de un agente de inteligencia artificial. El entendimiento mutuo por parte de los miembros de un grupo social es necesario para el establecimiento y continuidad del grupo. Los problemas aparecen cuando miembros individuales están motivados por intereses exclusivamente propios. Sin embargo, en muchos grupos sociales aparecen grados de flexibilidad con la evolución de cada estatus social de los miembros, y puede ser diferente en distintos contextos orientados a objetivos. Mientras que en sociedades primitivas se utiliza solamente el contacto físico como interacción social, los humanos hemos desarrollado métodos más eficientes a través del lenguaje. Se cree que el lenguaje no funciona tan sólo como un método para adquirir conocimiento sobre las características del comportamiento de otros, sino que también expone sus estados internos como los sentimientos y aptitudes. Para poder construir una base para la interacción y la cooperación, los individuos tienen que comunicarse y unir sus conceptos del mundo con los grados de abstracción siendo socialmente fundamentados y actualizados continuamente.

Como se puede comprobar, la inclusión de los robots sociales en términos de definición es un tema bastante delicado, puesto que es necesaria

la existencia de una conjunción de una gran variedad de factores inherentes a la inteligencia para poder establecer un agente social. Los robots sociales aún se encuentran en un estadio precoz en cuanto a las consideraciones de la comunicación y la interacción, dependientes de la inteligencia artificial. Además de esos factores, deben poder ser autónomos y también poseer una apariencia agradable ya que su objetivo principal será la interacción con los humanos, también tienen que ser fáciles de programar por personas no expertas, intrínsecamente seguros, tolerantes a percepciones y acciones imprecisas y, sobre todo, estar dotados de una gran capacidad de aprendizaje y adaptabilidad a entornos no predefinidos y dinámicos. En términos básicos, se puede definir a un robot social como *“aquel robot que interactúa y se comunica con las personas (de forma sencilla y agradable) siguiendo comportamientos, patrones y normas sociales”*[19].

Aunque los robots aún se encuentran lejos de poder tomar consciencia propia y formar jerarquías basadas en comunidades sociales, su inclusión e interacción con la sociedad es cada vez más patente, promoviendo así su desarrollo y su investigación gracias a la aceptación social.

2.1. Primer período (1940-1990)

Podría decirse que en el inicio, la robótica social se inspiró en las investigaciones de las comunidades biológicas animales [8] y las interacciones entre los individuos que las componen. Los investigadores siempre se han fascinado por la naturaleza que les rodea y sus composiciones, intentando recrearlas de forma artificial en los laboratorios. Así nace la robótica social (en un estado primigenio) al intentar reproducir las interacciones de las comunidades biológicas de forma artificial.

Uno de los primeros experimentos acerca de la interacción de los robots con el entorno fue llevado a cabo por William Grey Walter [22], el cuál diseñó y construyó unas tortugas robóticas (Figura 1) en a finales de los cuarenta. Mediante faros enganchados en la parte frontal de la carcasa y fototaxis positiva, estas tortugas interactuaban de una forma similar a la social, aunque no había comunicación explícita o reconocimiento mutuo.

Mientras el campo de la vida artificial emergía, los investigadores empezaron a aplicar principios como la stigmergia [7] (comunicación indirecta entre individuos a través de modificaciones en el entorno compartido; en sistemas descentralizados, tales como las colonias de hormigas, los diferentes componentes colaboran a través de pautas o hitos dejados en el medio: feromonas, acumulación de

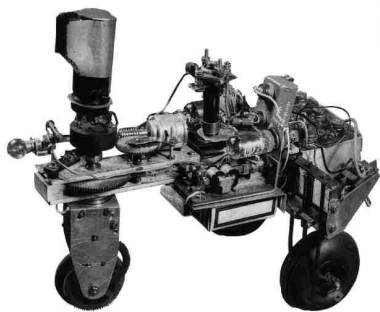


Figura 1: Tortuga robot Elmer de Walter [6]

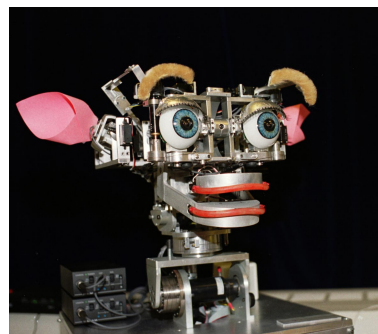


Figura 2: Robot Kismet [4]

objetos o cualquier otro tipo de cambio físico, como la temperatura) para lograr comportamientos colectivos en robots.

Uno de los pioneros en los primeros experimentos de la estigmergia fue Jean Louis Deneubourg, mediante la creación de robots parecidos a las hormigas en 1990 [8]. Desde entonces, una gran cantidad de investigadores han desarrollado robots colectivos y han usado robots como modelos para el estudio del comportamiento social de los insectos. Principios parecidos se pueden encontrar en investigaciones sobre sistemas multi-robot o sistemas robóticos distribuidos. Algunos mecanismos de interacción utilizados son comunicación, interferencia y competición agresiva.

2.2. Segundo Período (1990-2005)

En 1990 se crea Kismet [12], uno de los primeros robots sociales. Kismet (Figura 2) es una cabeza robótica fabricada en el MIT por la doctora Cynthia Breazeal como un experimento en computación afectiva, una máquina capaz de reconocer y simular las emociones. Para interactuar adecuadamente con los humanos, posee dispositivos de entrada que le proveen de audición, visión y habilidades propioceptivas. Además, Kismet simula emociones mediante varias expresiones faciales, vocalizaciones y movimiento. La expresiones se crean gracias a los movimientos de las orejas, cejas, párpados, labios, mandíbula y cabeza. La idea de la doctora Breazeal era representar su relación con el robot como lo hace un padre o un cuidador con su hijo.

Entre 1996 y 2001 la compañía japonesa Honda crea los robots antropomórficos P1, P2, P3, P4 y finalmente ASIMO (Figura 3). Aunque los cuatro primeros robots fueron creados para investigar sobre la robótica humanoide, ASIMO sirvió para investigar además con la interacción humano-robot, específicamente con los robots de compañía [10]. Para ello es capaz de reconocer las posturas y los gestos, pudiendo reaccionar a ellos, además distingue los sonidos, es decir, puede responder a su

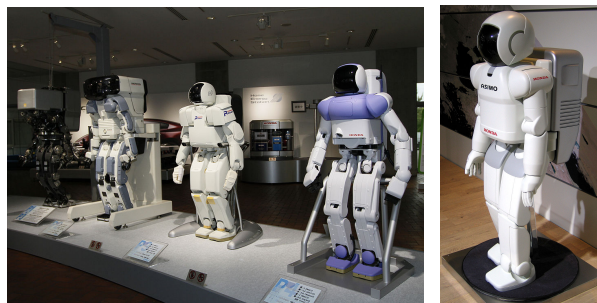


Figura 3: De izquierda a derecha: robots P1, P2, P3, P4 y ASIMO [11]

nombre, observar a la gente cuando se le habla, y reconoce sonidos inusuales como el de un objeto que cae o una colisión, y mira en la dirección del golpe. Es capaz de responder preguntas, mediante un breve movimiento del cuerpo en general o de solo la cabeza, o con una respuesta verbal.

A partir del siglo XXI, gracias a las nuevas tecnologías, la robótica social comienza a tener un sentido físico y tecnológico y empiezan a aparecer cada vez más robots sociales con capacidad de interacción con los humanos.

2.3. Tercer período (2009-2017): Presente

Se ha avanzado mucho desde aquellos robots sociales primigenios anteriormente comentados. La tecnología que actualmente está en manos de los investigadores supera con creces aquella de la que disponían los pioneros de la robótica. Con cada año que pasa se obtienen nuevos avances tecnológicos que proveen de mejores herramientas para enfocar todo tipo de investigaciones.

A lo largo de estos años, se han llevado a cabo numerosas investigaciones en una gran variedad de ámbitos dentro de la robótica social. Una parte importante de la interacción humano-robot es la representación de emociones. Diversos estudios han demostrado que un robot puede imitar



Figura 4: El robot ERWIN falla al intentar atraer la atención del usuario, por lo que expresa enfado después de varios intentos fallidos [16].

expresiones humanas reconocibles. Es necesario tanto que el humano sea capaz de reconocer la expresión del robot analizando el contexto en el que se entra, como viceversa, ya que las respuestas emocionales de ambos agentes se deben adecuar a lo que sus sentidos perciben. Para avanzar en este propósito se han realizado experimentos con robots que tenían un rango de expresiones (alegría, tristeza, enfado, sorpresa y miedo) que mostraban a una persona para atraer su atención [16]. El robot reconocía la cara del humano y dependiendo de si la persona le prestaba atención o no, iba variando sus expresiones (4). Por supuesto además de la expresión reconocida, el contexto emocional en el cual se produce es muy importante para entenderla, ya que aunque las expresiones de los robots están bastante logradas, en algunas ocasiones pueden confundir al usuario.

En el experimento realizado en Zhang J. y Sharkey A.J.C. [24], se investigó la capacidad de interpretación de los usuarios ante las expresiones de un robot con un contexto musical, tanto cuando éstas eran congruentes e incongruentes con él. Se comprobó así que un contexto musical afecta a la forma de juzgar las expresiones del robot.

Además de reconocer los gestos y expresiones de los robots, el usuario debe sentirse cómodo con el robot. El estudio del aspecto de los robots es esencial para que las interacciones sociales se puedan llevar a cabo. Los humanos somos una especie con costumbres arraigadas y con temor a lo desconocido. Todo aquello que nos resulta extraño y poco o nada familiar nos produce una sensación de desconfianza y miedo, por lo tanto si un robot tiene unos rasgos poco familiares o un tanto oscuros y extravagantes, probablemente produzca una reacción de rechazo en la mayoría de las personas. Es por ello por lo que los robots sociales tienen formas familiares, para que las personas se

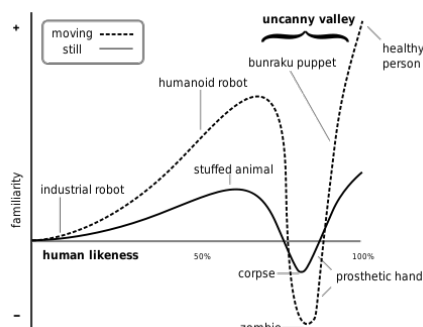


Figura 5: Diagrama del Uncanny Valley [20]



Figura 6: Robot Nuka como entretenimiento beneficioso para ancianos [18]

sientan cómodas con ellos y no se asusten. Para ello se les dota a los robots de ciertos rasgos humanos como ojos, boca, cejas, orejas. Sin embargo estudios realizados sobre la apariencia humana de los robots demuestran que cuanto más cerca de la apariencia real humana se encuentra el robot, más rechazo produce. Este fenómeno es el denominado *uncanny valley*, cuya curva de agrado humano se puede apreciar en la Figura 5. Aparte de la apariencia se ha observado que el audio también influye en generación de la sensación de extrañeza y repulsión. En experimentos realizados en Meah L.F.S. y Moore R.K. [15], la apariencia realmente humana de robots junto con voces humanas mezcladas electrónicamente provocaban el rechazo. Por un lado los ojos eran un factor determinante en la apariencia ya que se consideraban como ojos sin luz y sin vida. Por otro lado la voz humana modificada electrónicamente producía una tensión perceptiva que era considerada como extraña y horrible.

Otros estudios se centran en el uso de los robots sociales en el campo de la asistencia a ancianos y niños. Los experimentos llevados a cabo en este campo comprenden desde robots que ayudan a personas con enfermedades degenerativas, como el Parkinson, a tomar su medicación [23], robots con formas de animales para la mejora de la salud de los ancianos [13] (Figura 6), etc.

Un ejemplo de un experimento de este tipo es el llevado a cabo en Fujimoto I. et al. [9], donde un

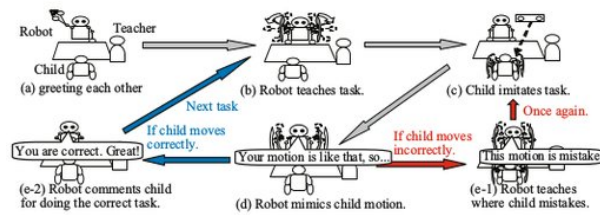


Figura 7: Escenario interactivo de imitación [9]

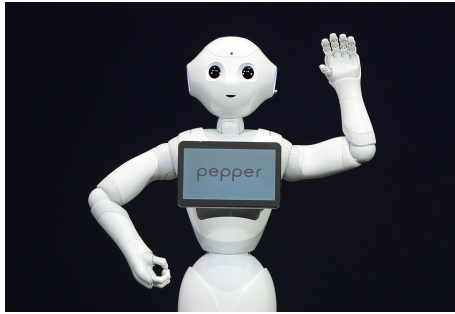


Figura 8: Robot Pepper [5]



Figura 9: Robot MAGGIE [14]

robot social producía movimientos que el niño con autismo debía copiar, el robot observaba al niño y si éste se equivocaba le corregía hasta que el resultado fuera el buscado. Los resultados fueron satisfactorios, demostrando que los niños realmente mejoraban sus habilidades de imitación. El método de interacción se puede observar en la Figura 7.

Además de todos los estudios y experimentos que se están realizando, se pueden destacar varios robots sociales conocidos que están a la vanguardia de la tecnología.

El primero y el cual ya se está comercializando, se trata del robot Pepper (Figura 8). Creado por SoftBank Robotics [21]. Su principal cualidad es la de percibir las emociones y adaptar su comportamiento al estado anímico del usuario. En Japón este robot se está utilizando ya como forma de recibir, informar y entretener a los clientes.

Dentro del ámbito de robots sociales de entretenimiento educativo y asistencial podemos encontrar al robot MAGGIE (Figura 9). MAGGIE [14] ha sido diseñado y creado en el departamento de robótica social del Robotics Lab de la Universidad Carlos III de Madrid. Su objetivo principal es el de estudiar la interacción humano-robótica, además de avanzar en el desarrollo de la autonomía y la inteligencia de los robots.

Además de MAGGIE, el Robotics Lab también posee los robots Mini Maggie y MBot (Figura 10), el robot con el que participaron en el proyecto europeo MONarCH, que se utilizan en proyectos de robótica social con ancianos, personas dependien-



Figura 10: Robot MBot [3]

tes y niños ingresados en hospitales.

La lista de robots sociales es cada vez más larga puesto que cada vez más este tipo de robots se ven como proyectos comerciales. Entre ellos podemos encontrar a NAO, el robot HRP-4C, Nuka, Jibo o Sota que también abarcan el campo de asistenciales.

2.4. Futuro

En un futuro próximo los avances dentro de la robótica social nos mostrarán varios tipos de robots totalmente desarrollados tecnológicamente como por ejemplo los robots asistenciales que ayudarán en los hospitales, o en las casas de las personas discapacitadas o enfermas. Facilitarán las labores sanitarias y ayudarán acelerar las actividades de urgencias e incluso en planta. Además podrán ayudar a los médicos a evaluar un

diagnóstico cuando sea requerido ya que tendrán una base de datos a la que podrán acceder con suma rapidez, con todas las enfermedades y sus respectivas curas. Por supuesto existirán versiones robóticas de ayuda en cirugía, más avanzadas que las que están empezando a surgir. Las incluyo dentro del ámbito de los robots sociales porque se relacionarán con el cirujano aconsejándole y compartiendo y aliviando así la carga de la operación.

En cuanto a los robots que asistan en casas de personas discapacitadas o enfermas, dispondrán de la tecnología necesaria para administrar los fármacos y terapias prescritas por sus médicos, además de ayudarles con sus tareas diarias.

Por otro lado, tanto en las residencias de ancianos como en las plantas pediátricas los pacientes podrán disponer y disfrutar de la compañía de robots sociales que les entretengan y les diviertan jugando y hablando con ellos, haciendo su día a día un poco más llevadero. Todos estos robots no tendrán por qué ser necesariamente antropomorfos, si no que habrá modelos con diferentes formas que corresponderán a las necesidades que se requieran de ellos.

Todos los robots sociales deberán estar provistos de una inteligencia artificial, que les permita aprender de su entorno y poder reaccionar a diferentes situaciones del modo correcto. Esta inteligencia será la que les dote de su autonomía. Naturalmente con los años esta inteligencia será más sofisticada, hasta el punto que los robots realmente puedan tomar sus propias decisiones sin necesidad de que un humano deba decirles qué hacer en cada situación.

Sin embargo, si con inteligencias artificiales mejoradas adquieren una mayor autonomía, si aprenden más acerca de todo lo que les rodea, incluso de sí mismos, llegado el momento, ¿es posible que pudieran llegar a adquirir consciencia propia? ¿Es posible que lleguen a razonar? Y si esto ocurriera, ¿no podrían ser considerados entonces como seres con “vida” de algún modo? Si un robot es capaz de razonar y de pensar, entonces puede que llegue a comprender su existencia y qué lugar ocupa en la sociedad, pudiendo por lo tanto definirse como un individuo. Quizá llegado este punto, en el que toma consciencia de que es una herramienta para la sociedad, pueda comenzar a desarrollar una especie de sentimientos, como ira o miedo hacia los humanos, quizá al poder pensar por sí mismo, afloren en él ciertas ansias de libertad, de poder decidir que hacer con esta especie de vida con la que se la ha dotado. Es aquí donde entrarán en conflicto multitud de valores éticos como el esclavismo del que hablábamos antes, apelando a dere-

chos como la vida o la seguridad.

El artículo 3 de la Declaración de los Derechos Humanos define: *Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona*. Si el robot en cuestión puede definirse a sí mismo como un individuo diferente a otros robots, siendo único, ¿no puede ser aplicado este artículo a su favor?

Evidentemente estos son terrenos pantanosos de difícil salida, y tendríamos que obviar el hecho de que este artículo se aplica dentro de los derechos humanos y un robot definitivamente no es un ser humano.

No obstante, si algo nos ha enseñado la historia es que ante los nuevos cambios, siempre existen dos bandos, uno a favor y otro en contra, por lo que en este caso habría gente *proorrobótica* y gente *robófoba*. Habría personas que lucharían por la declaración de unos derechos robóticos, rogando por el reconocimiento de su ser y su libertad.

Además, como explicábamos antes en lo referente al tema del parecido físico a los humanos, en este caso la cosa cambia. Si antes la semejanza producía un rechazo, ahora se producen dos vertientes.

Al demostrar su propia consciencia y su capacidad de pensar y razonar, el segmento de la sociedad que sea *proorrobótico*, los aceptará con mayor fervor que antes, llegando incluso a producirse relaciones entre robots y humanos, pudiendo proclamarse estos últimos como *robosexuales*. Por otro lado la parte de la sociedad que sea *robófoba*, denotará un rechazo mayor, pronunciado por el temor a estos seres mecánicos que se hacen pasar por personas.

3. CONCLUSIONES

A lo largo del artículo se han presentado las nociones principales de la definición de robot, así como de la robótica social, mostrando en qué consiste exactamente esta materia y qué campos de acción abarca. Para poder englobar esta especialidad, se ha realizado un repaso a las etapas evolutivas de la robótica social, pudiendo así observar los progresos realizados en distintos campos y su difusión a tantos otros.

Como se ha podido comprobar la robótica social se encuentra cada vez más presente en nuestro uso diario, proporcionándonos día tras día servicios de atención al usuario. La interacción humano-robot está patente en multitud de campos, desde juguetes y atención al cliente hasta el tratamiento de pacientes, facilitando en gran medida las tareas de los trabajadores y aportando soluciones y beneficios a investigaciones tecnológicas y humanas, además de proporcionar un entretenimiento instructivo y divertido.

El desarrollo y progreso de las distintas aplicaciones de la robótica social avanza a pasos agigantados hacia modelos más sofisticados procurando un futuro cercano lleno de tecnologías robóticas. Sin embargo, aunque por supuesto el progreso siempre es beneficioso, se tienen que tener en cuenta muchos factores a la hora de implantar una nueva tecnología y es por ello que al igual que la robótica social se encuentra en plena investigación, así mismo se encuentran las leyes que por las que se regirán las acciones procuradas por un entorno robótico sofisticado. Entran así en conflicto temas éticos como la influencia de un robot en la educación, en el crecimiento infantil, la moralidad esclavista en cuanto a máquinas, derechos robóticos, los factores psicológicos y emocionales que esta generación tecnológica puede producir, etc.

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] Canal Jubilación (s.f.), Asibot y Maggie, dos robots para personas mayores “made in Spain”, *Jubilación CANALES MAPFRE*. Recuperado de: <https://www.jubilacionypension.com/planes-fondos/asibot-y-maggie-dos-robots-para-personas-mayores-made-in-spain/>
- [2] Duffy, Brian R., Rooney, Colm, O’Hare, Greg M.P., O’Donoghue, Ruadhan, (1999) What is a social robot?, 10th Irish Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science, University College Cork, Ireland, 1-3 September, 1999
- [3] Edutainment, (s.f.), *Idmind Living Robotics*. Recuperado de: <http://www.idmind.pt/markets/edutainment/>
- [4] Edwards, T., (2015), Emotive Robots Key to Unlocking IOT Potential, *Digitally Approved Blog*. Recuperado de: <http://www.digitallyapproved.com/tag/kismet/>
- [5] El robot Pepper se agota en un minuto al salir a la venta en Japón, (2015), *Público*. Recuperado de: <http://www.publico.es/ciencias/robot-pepper-agota-minuto-al.html>
- [6] Elmer_Elsie Robots (s.f.), *The Old Robots Website*. Recuperado de: <http://www.theoldrobots.com/ElmerElsie.html>
- [7] Estigmergia (s.f.), *Wikipedia*. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Estigmergia>
- [8] Fong, T., Nourbakhsh, I., Dautenhahn, K. (2003) A survey of socially interactive robots. In: *Robotics and Autonomous Systems*, Volume 42, Issues 3-4, Elsevier, Pittsburgh, Lausanne, Hertfordshire
- [9] Fujimoto I., Matsumoto T., De Silva P.R.S., Kobayashi M., Higashi M. (2010) Study on an Assistive Robot for Improving Imitation Skill of Children with Autism. In: Ge S.S., Li H., Cabibihan J.J., Tan Y.K. (eds) *Social Robotics. ICSR 2010. Lecture Notes in Computer Science*, vol 6414. Springer, Berlin, Heidelberg
- [10] George A. Bekey, (2005) *Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control*, MIT Press, Hardcover, 577 pages. ISBN 0262025787
- [11] Honda P Series (Robots) (s.f.), *Wikipedia*. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Honda_P_series_\(Robots\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Honda_P_series_(Robots))
- [12] Kismet (robot) (s.f.), *Wikipedia*. Recuperado de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kismet_\(robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Kismet_(robot))
- [13] Leong T.W., Johnston B. (2016) Co-design and Robots: A Case Study of a Robot Dog for Aging People. In: Agah A., Cabibihan J.J., Howard A., Salichs M., He H. (eds) *Social Robotics. ICSR 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9979. Springer, Cham
- [14] Maggie: futuro, autonomía y diversión (s.f.), *uc3m, Universidad Carlos III de Madrid*. Recuperado de: http://portal.uc3m.es/portal/actualidad_cientifica/actualidad/reportajes/archivo_reportajes/archivo_reportajes/Maggie_futuro_autonomia_diversion
- [15] Meah L.F.S., Moore R.K. (2014) The Uncanny Valley: A Focus on Misaligned Cues. In: Beetz M., Johnston B., Williams M.A. (eds) *Social Robotics. ICSR 2014. Lecture Notes in Computer Science*, vol 8755. Springer, Cham
- [16] Murray J.C., Cañamero L., Bard K.A., Ross M.D., Thorsteinsson K. (2009) The Influence of Social Interaction on the Perception of Emotional Expression: A Case Study with a

- Robot Head. In: Kim JH. et al. (eds) *Advances in Robotics. FIRA 2009. Lecture Notes in Computer Science*, vol 5744. Springer, Berlin, Heidelberg
- [17] Pérez Porto, J., Merino, M.. Publicado: 2010. Actualizado: 2013. Definición de robot, *Definicion.de*. Recuperado de: <http://definicion.de/robot/>
- [18] Quincoces, A., (2016), La foca Nuka, un peluche robotizado que mejora la salud sin efectos secundarios, *ELPROGRESO*. Recuperado de: <http://elprogreso.galiciae.com/noticia/497120/la-foca-nuka-un-pelucho-robotizado-que-mejora-la-salud-sin-efectos-secundarios>
- [19] Rafael Rivas E., Eladio Dapena G. (s.f.), Construcción de un Robot con Habilidades Sociales, *LASDAI*. Recuperado de: http://www.ing.ula.ve/lasdai/?page_id=26
- [20] Uncanny Valley (s.f.), *Wikipedia*. Recuperado de: https://simple.wikipedia.org/wiki/Uncanny_valley
- [21] Who is Pepper? (s.f.), *SoftBank Robotics*. Recuperado de: <https://www.ald.softbankrobotics.com/en/cool-robots/pepper>
- [22] William Grey Walter (s.f.), *Wikipedia*. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/William_Grey_Walter
- [23] Wilson J.R., Tickle-Degnen L., Scheutz M. (2016) Designing a Social Robot to Assist in Medication Sorting. In: Agah A., Cabibihan J.J., Howard A., Salichs M., He H. (eds) *Social Robotics. ICSR 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9979. Springer, Cham
- [24] Zhang J., Sharkey A.J.C. (2011) Listening to Sad Music While Seeing a Happy Robot Face. In: Mutlu B., Bartneck C., Ham J., Evers V., Kanda T. (eds) *Social Robotics. ICSR 2011. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7072. Springer, Berlin, Heidelberg