

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 Politécnica 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 Rodríguez-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, Dario 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>	

INFRAESTRUCTURA PARA ESTUDIAR ADAPTABILIDAD Y TRANSPARENCIA EN EL CENTRO DE CONTROL VERSÁTIL

Juan A. Bonache Seco, Jose A. López Orozco, Eva Besada Portas, Jesús M. de la Cruz
 jbonache@ucm.es, jalo@ucm.es, ebesada@ucm.es, jmcruz@ucm.es
 Universidad Complutense de Madrid

Resumen

En la actualidad, la proliferación de vehículos autónomos o tripulados de forma remota involucrados en misiones complejas que requieren cooperación entre ellos y, en algunos casos, la inclusión de vehículos heterogéneos en una misión, está ocasionando una evolución en las estaciones de control de tierra. Éstas, además de mostrar los datos de forma clara, deben contar con una serie de mecanismos que faciliten la labor del operador mitigando su carga de trabajo y nivel de estrés.

En este trabajo, se describe un Centro de Control Versátil (CCV) que cuenta con una arquitectura distribuida y la infraestructura necesaria para implementar y experimentar los conceptos de Adaptabilidad (que permite al interfaz gráfico reubicar y alterar el aspecto de los elementos gráficos que se muestran en pantalla) y Transparencia (que permite reducir el nivel de estrés del operador disminuyendo el número de elementos en los que tiene que centrar su atención).

Palabras clave: Estación de Control de Tierra (Ground Control Station - GCS), Centro de Control Versátil, Monitorización y Supervisión, Adaptabilidad, Transparencia, Vehículos Autónomos (UAV, USV, UGV)

1. INTRODUCCIÓN

El ámbito de aplicación de los vehículos autónomos o no tripulados crece diariamente, realizando cada vez tareas más diversas. En algunas ocasiones, dichas tareas pueden ser realizadas por un sólo vehículo [1, 2, 3]. En otras alcanzan un nivel de complejidad que obliga a dividir las sub-tareas que se asignan a un equipo cooperativo de vehículos que puede ser: homogéneo, en el caso de que todos los vehículos implicados sean de la misma naturaleza (aérea, marítima o terrestre) o heterogéneo [4, 5]. Este tipo de misiones suele implicar el desarrollo de un software para la estación de control de tierra (Ground Control Station - GCS) muy específico, en el que su modificación para otros tipos de misión o un cambio en el equi-

po de vehículos puede resultar muy costosa.

Podemos encontrar múltiples ejemplos de centros de control tanto en ámbito militar como civil, por ejemplo la Estación de Control de Tierra para Múltiples Entidades de Combate [6], el entorno ASMAC para múltiples vehículos submarinos [7], el sistema de vigilancia AMFIS capaz de fusionar y presentar datos de sensores de vehículos aéreos y terrestres [8], el Centro de Control para entornos marinos diseñado en el proyecto europeo MUNIN [9] y el Centro de Control inmersivo que incorpora nuevas tecnologías como la realidad virtual [10].

Además, si nos centramos en la monitorización y el control, cuanto mayor es la complejidad de la misión y el número de vehículos que participan, más alto es el número de datos que el operador debe visualizar, lo que acarrea un aumento del nivel de estrés y un descenso en la eficiencia del operador. Este problema se ha mitigado, por un lado, aplicando el concepto de Transparencia [11, 12], que consiste en ocultar elementos visuales que se consideran de menor importancia con el objetivo de liberar parte de la carga del usuario. Por otro, para potenciar la ergonomía de los elementos gráficos (posición, tamaño, color, etc.) se utiliza el concepto de Adaptabilidad [13, 14, 15, 16], consistente en modificar (adaptar) los elementos gráficos en tiempo de ejecución para su mejor comprensión por parte del usuario. Mejorar estos aspectos puede ser clave, ya que en los casos que exigen una rápida respuesta (p.e. emergencias) o a la hora de definir las misiones a realizar, la intervención de un humano cerrando el lazo de control [17] puede mejorar el experimento hasta un 50 %.

En la sección 2 de este artículo describiremos un Centro de Control Versátil (CCV) [18] con una arquitectura distribuida que permitirá: 1) reconfigurar la información que se muestra y cómo mostrarla (para cada vehículo y operador), 2) definir alarmas que se activen ante determinados eventos liberando de carga de trabajo al operador mientras dichos eventos no ocurran y 3) reasignar en tiempo real la gestión de los vehículos, pudiendo transferir el control de un operador a otro si se dan las condiciones adecuadas. Además se ha diseñado la infraestructura necesaria implemen-

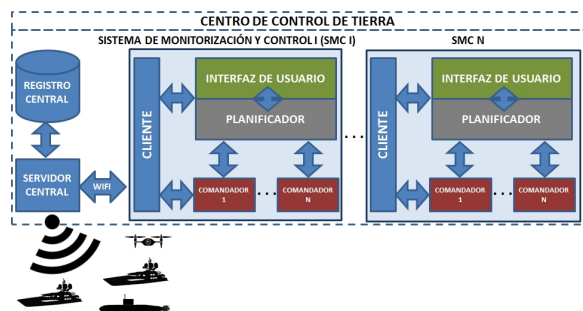


Figura 1: Arquitectura Distribuida del CCV

tar dos mecanismos adicionales: Adaptabilidad y Transparencia[19] que serán detallados en la sección 3. Finalizaremos con las conclusiones y trabajo futuro en la sección 4.

2. ARQUITECTURA DEL CENTRO DE CONTROL VERSÁTIL

Durante el desarrollo del proyecto SALACOM (Sistema Autónomo de Localización y Actuación ante Contaminantes en el Mar), se ha desarrollado un Centro de Control Versátil (CCV) que debe tener unas características muy concretas. Ha de ser fácilmente configurable para diferente tipo y número de vehículos (independientemente de su hardware y protocolos de comunicaciones), permitir que los vehículos trabajen de forma autónoma e incluir al operador humano en el lazo de control para tareas de supervisión. También debe ser capaz de modificar en tiempo real algunas de sus características como la visualización de los datos en base a criterios ergonómicos, preferencias del operador o tipo de misión, coordinación/control de vehículos y formaciones de los mismos, definición de maniobras y reorganización de recursos.

Estas características se logran mediante una arquitectura distribuida [18] que puede verse en la Figura 1 y que consta de cuatro módulos:

Servicio de Comunicaciones. Es el módulo encargado de gestionar todas las comunicaciones (datos de telemetría, consignas, operaciones de alto nivel, etc.) entre cualquiera de los módulos del centro de control y hacia los vehículos, por lo que es el único de los módulos con comunicación directa con los mismos. Se divide en tres componentes: Servidor Central, Cliente/Clientes y Registro Central.

Planificador. Es el módulo encargado de generar comandos de alto nivel para que los vehículos realicen trayectorias o misiones, que podrán diseñarse desde el entorno gráfico propio del Planificador o

desde el Interfaz de Usuario mediante la definición de puntos de paso o rutas predefinidas. Posteriormente estas trayectorias serán enviadas a los vehículos a través del Comandador (que generará las instrucciones de bajo nivel propias de cada vehículo) pasando por el Servicio de Comunicaciones. Además podrá calcular la ruta más adecuada en base a los puntos señalados por el operador en el mapa y generar trayectorias mediante curvas paramétricas (lemniscata, elipse, círculo, seno, etc.) que serán seguidas por el control de los vehículos utilizando diferentes métodos de control y guiado [20, 21, 22, 23, 24]. También hará reaccionar al vehículo ante alarmas recibidas de los vehículos.

Comandador. Es el módulo más próximo al vehículo y es propio a él (sólo habrá uno activo por vehículo). Su interfaz es específica para cada vehículo. Mostrará sus alarmas y banderas, que podrán habilitarse y deshabilitarse desde este módulo. También permite maniobras de ingeniería para comprobar el correcto funcionamiento del vehículo. Procesa las órdenes del Planificador o Interfaz de Usuario generando los comandos de bajo nivel y trasladándolas al Servicio de Comunicaciones para que las envíe al vehículo. Además deberá enviar una señal periódica que le indica al vehículo que hay un comandador activo para que no interrumpa su actividad.

Interfaz de Usuario. Permite al usuario visualizar el estado, situación en el mapa y datos de telemetría de cada uno de los vehículos involucrados en la misión e interactuar con otros módulos por medio de botones y menús. Permitirá al usuario llevar a cabo acciones como solicitar/renunciar el control de uno o más vehículos que este comandando, establecer rutas y puntos de acceso sobre el mapa (o elegir un fichero desde el que desee cargarlos), previsualizar dichas rutas y realizar algunos cambios sobre la disposición de los elementos para que se ajusten a los criterios ergonómicos del operador. Además permite al usuario definir alarmas tipo notificación.

3. ADAPTABILIDAD Y TRANSPARENCIA

Con el objetivo de mitigar la carga de trabajo y el estrés soportado por un operador que debe supervisar/controlar varios vehículos heterogéneos, se han implementado en el CCV dos mecanismos que ayudaran a paliar en la medida de lo posible los efectos negativos del exceso de información y el esfuerzo mental del operador. Por un lado, mediante la Adaptabilidad, se transformará el interfaz para dar prioridad a los elementos gráficos de mayor importancia y mostrarlos de forma más intuitiva y ergonómica. Por otro lado, gracias a la Transpa-

rencia se eliminarán de la interfaz (de forma momentánea o permanente, dependiendo de las necesidades de cada misión) los elementos gráficos menos relevantes, reduciendo así la carga de trabajo del operador.

3.1. ADAPTABILIDAD

Un software es Adaptativo cuando es capaz de cambiar en tiempo de ejecución algunas de sus características, tratando de mejorar una o varias facetas del trabajo para el que es utilizado, mejorando su propio funcionamiento u orientando dichos cambios a facilitar a un tercero (un usuario, otro programa con el que deba interactuar, etc.) las herramientas necesarias que le permitan realizar su labor de forma más eficiente.

3.1.1. ANTECEDENTES

Garlan et al. muestran como su framework adaptativo, RAINBOW [13], resulta útil en diferentes ámbitos de aplicación. Para ilustrarlo, describen un servicio web tipo cliente-servidor que debe adaptar los recursos disponibles (número de servidores y ancho de banda) ante la petición de contenido de los clientes para conseguir mejorar la experiencia de los usuarios. Otro ejemplo de que el framework puede aplicarse a problemas diferentes es un sistema de videoconferencia que implementa la misma estructura de módulos o capas pero que varía su comportamiento por medio de estrategias o algoritmos implementados en cada uno de los módulos que gobiernan el software.

Otro ejemplo de aplicación de Adaptabilidad bastante extendido es la distribución de recursos en redes inalámbricas enfocado a la mejora en la calidad del servicio (QoS - Quality of Service). Uno de los ejemplos que podemos encontrar es BAA (Bandwidth Adaptation Algorithm - Algoritmo de Adaptación de Ancho de Banda [25]), que expande o reduce dinámicamente el ancho de banda asignado a un bloque de llamadas entrantes cuando se produce algún cambio que lo invoca (llamada entrante, finalizada, rechazada, etc.). Otro ejemplo es el Sistema Adaptativo de Gestión de Calidad del Servicio (QoS) propuesto por Huang et al. [26] que distribuye dinámicamente los recursos disponibles en un entorno de comunicaciones inalámbrico y provee a los usuarios de servicios multimedia con una calidad que cumple con los requisitos especificados.

3.1.2. IMPLEMENTACIÓN EN EL CCV

En la sección anterior se han mostrado algunos problemas genéricos que han sido resueltos por medio de Adaptabilidad. Veamos a continuación

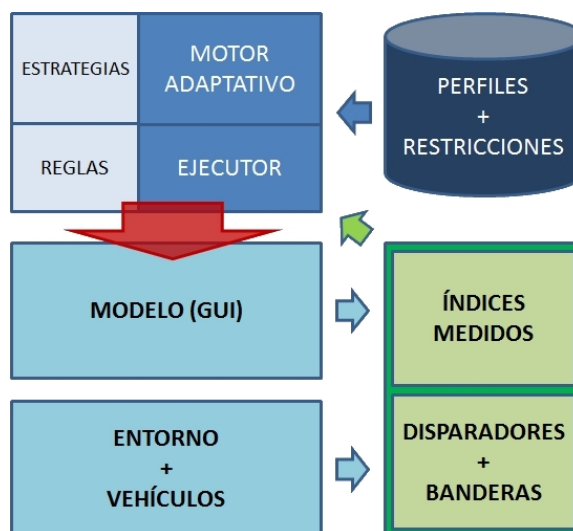


Figura 2: Arquitectura para Adaptabilidad del CCV

cómo podemos aplicarla al CCV para resolver algunos de los problemas planteados previamente.

Para ello se ha diseñado una infraestructura modular que permite a nuestro software modificarse dinámicamente para mejorar la eficiencia del operador. Los cambios se centran en dos vertientes, por un lado en mostrar los elementos necesarios dadas unas restricciones de espacio (como trataremos en la sección posterior dedicada a Transparencia) y por otro en mostrarlos por pantalla con una apariencia que vaya en consonancia con su importancia para el desarrollo de la misión (modificando posición, color y tamaño). Intuitivamente podemos establecer el paralelismo entre nuestras restricciones (espacio e importancia en la misión) y algunas de las mencionadas en ejemplos anteriores (por ejemplo ancho de banda y prioridad).

En muchos de los trabajos estudiados, se cuenta con una estructura similar que difiere en algunos bloques [27, 26], pero para el diseño del software del CCV se ha optado por una infraestructura semejante a la utilizada en RAINBOW [13, 16, 14, 15]. Dicha estructura, como podemos ver en la Figura 2, consta de cuatro bloques:

La Base de Datos (BD) de Perfiles y Restricciones. Se trata de un almacenamiento persistente donde se guardarán datos referentes al perfil de usuario del operador, que nos ayudarán a decidir la mejor estrategia para adaptar los elementos del Interfaz Gráfico. También se almacenan ciertas Restricciones del software referentes al Modelo, que hace referencia a la estructura del Interfaz Gráfico y cómo pueden alterarse los elementos en él.

El Bloque de Parámetros. Es un módulo que se encarga de tomar medidas sobre algunos índices re-

levantes referentes a la relación entre el Interfaz de Usuario y el Operador (tiempo de reacción, estrés, preferencias gráficas modificables, etc.) y otros disparadores o banderas referentes al entorno (viento, corrientes marítimas, etc.) o a los vehículos (nivel de batería, datos de telemetría, status de la misión, etc.) que serán externos al software del CCV. Estos datos son recibidos por el Motor Adaptativo junto a los datos de perfil y restricciones almacenados en la BD y sirven como condiciones para disparar el mecanismo de Adaptabilidad y como parámetros para elegir la mejor estrategia o algoritmo a aplicar en la adaptación.

El *Modelo*. Es la representación del Interfaz Gráfico y las reglas sobre cómo pueden mostrarse todos los elementos en su interior. Para ello, en el Interfaz de Usuario se cuenta con un bloque para elementos gráficos por cada vehículo dentro del cual se reordenarán y cambiarán de apariencia en base a los datos recibidos del Bloque de Parámetros. También encontramos información sobre los vehículos autónomos que forman parte de la misión y algunos datos relevantes sobre el entorno en el que se va a actuar.

El *Motor Adaptativo*. Es el bloque más importante ya que se encarga de almacenar las Estrategias o algoritmos (pueden estar formadas por subestrategias o Tácticas si éstas son complejas y es conveniente dividir las) y las reglas en base a las cuales el bloque Ejecutor adaptará los elementos gráficos del Modelo.

3.1.3. FUNCIONAMIENTO

A continuación describiremos un ejemplo de funcionamiento del mecanismo de Adaptabilidad aplicado a una de las maniobras de seguimiento realizadas por los barcos del proyecto SALACOM, en la que el barco líder (en azul) traza una trayectoria programada y el barco seguidor (en rojo) debe escoltarle a una distancia fijada previamente.

Se parte, en un instante dado de la misión, de la configuración de la Figura 3. Podemos ver los bloques de elementos pertenecientes a cada barco, el líder (izquierda, con borde azul) y el seguidor (derecha, borde rojo). Para este experimento se ha determinado que las posiciones de más peso son las superiores y los elementos se irán colocando hacia abajo cuanto menor sea su prioridad. Las posiciones de mayor prioridad pueden definirse en el software para cada operador, basándonos en sus preferencias personales y criterios ergonómicos almacenados en su perfil dentro de la *BD de Perfiles y Restricciones*.

En la Figura 3 se observa que la velocidad de ambos barcos se sitúa en un segundo plano ya que es

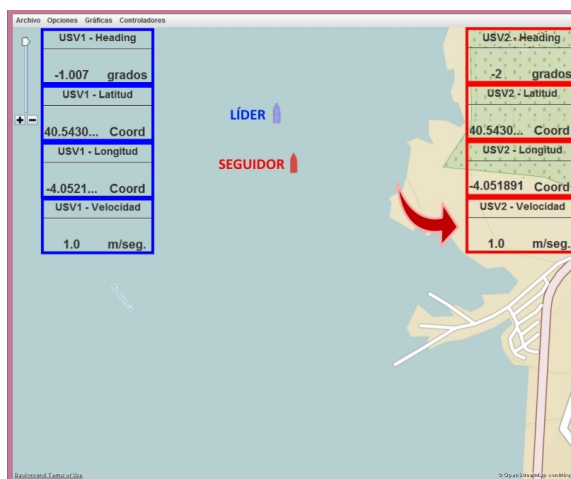


Figura 3: Funcionamiento de Adaptabilidad 1

constante durante este tramo de la maniobra, que dura varios minutos. Al cabo de este tiempo, el barco seguidor aumenta la distancia programada respecto al líder, lo que activa en su controlador un aumento de la velocidad para reestablecer la distancia correcta. El aumento de velocidad, activa un disparador en el *Bloque de Parámetros*, inmediatamente transmitido al *Motor Adaptativo* que, por medio de su bloque *Ejecutor* transmite el cambio al *Modelo* o Interfaz Gráfico.

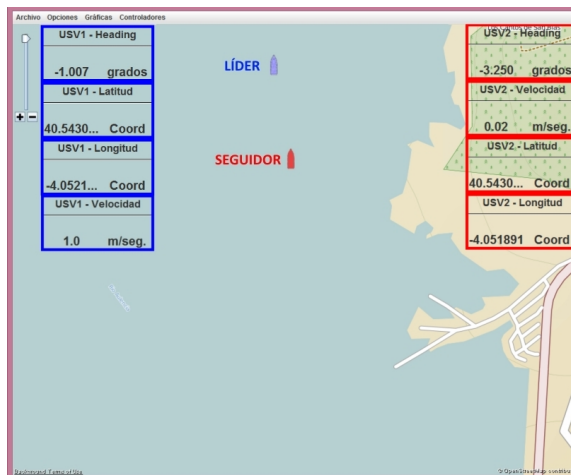


Figura 4: Funcionamiento de Adaptabilidad 2

En la Figura 4 vemos que el elemento gráfico que representa la velocidad del barco seguidor ha escalado puestos hacia una posición de mayor prioridad. Esto sucede porque el disparador y los datos de telemetría, enviados al *Motor Adaptativo* le han indicado que un dato que anteriormente permanecía constante (la velocidad) ha sufrido un cambio brusco, por lo que se considera importante que el operador sea consciente de dicho cambio y en consecuencia el elemento debe moverse a una posición en la que lo pueda ver mejor. Adicional-

mente, si llegase a un valor considerado crítico, se dispararía también una Alarma visual y/o auditiva para atraer definitivamente la atención del usuario.

3.2. TRANSPARENCIA

La Transparencia aplicada al software se basa en la capacidad del programa para mostrar menos información haciendo el proceso más “transparente” al usuario para que su labor sea más rápida y fácil, pero sin que el nivel de confianza que tiene en el programa se vea afectada, ya que lo normal es que se tenga más confianza cuanto más información esté disponible.

3.2.1. ANTECEDENTES

Los Centros de Control de Tierra deben mostrar una buena cantidad de datos pertenecientes a los vehículos monitorizados, a la misión que están realizando y al entorno en el que dicha misión se está desarrollando. Cuando las misiones implican equipos de vehículos, los datos a mostrar crecen prácticamente de forma exponencial y éstos son más complicados de interpretar por parte del operador si los vehículos son de naturaleza heterogénea. Debemos plantearnos, pues, varias cuestiones como: si el espacio en pantalla es suficiente para mostrar todos los datos monitorizados y, suponiendo que lo fuese, si es realmente relevante tener disponibles todos estos datos de forma continua.

El objetivo es, por lo tanto, lograr un equilibrio mostrando los datos suficientes para que el operador conozca todos los detalles relevantes sobre la misión y los vehículos, pero sin que lleguen a provocar un aumento considerable en el nivel de carga de trabajo o de estrés sobre el operador. A esto, debemos añadirle el *nivel de confianza* del usuario en el software, que puede disminuir si se eliminan demasiados datos de su campo de visión, ya que si el usuario no puede determinar rápidamente en qué estado está un vehículo en un momento dado, puede aumentar su nivel de incertidumbre acerca de la correcta realización de la misión. En esta línea, Mercado et al. [12] realizan un estudio sobre un grupo heterogéneo de operadores sobre el que se mide: rendimiento, carga de trabajo y nivel de confianza en el software, alternando entre 3 niveles de transparencia: N1, en el que sólo se muestra información básica sobre los vehículos y el camino que seguirán durante la misión, N2 que mostrará la información del N1 y algunos datos sobre las decisiones de la Inteligencia Artificial (IA) del software y N3 que mostrará la información de los niveles anteriores y algunos datos sobre aspectos de la misión que pueden producir incertidumbre. De este estudio se extrae que el rendimiento del ope-

rador y su nivel de confianza aumentan cuantos más datos se muestran, mientras que el estrés y la carga de trabajo no aumentan significativamente.

Sin embargo, Mercado et al. basan su estudio en un software de planificación que ayuda a tomar decisiones sobre la misión al operador, mientras que nuestro problema se basa en las dificultades que acarrea la monitorización y control de un equipo cooperativo de vehículos autónomos. En este tipo de misiones, por nuestra experiencia en experimentos de campo con los barcos del proyecto SALACOM en el pantano de El Atazar, hemos comprobado que en ocasiones el operador se ve sobrepasado por la cantidad de datos a monitorizar y, en caso de ser necesario el envío de consignas a los vehículos en momentos puntuales, resulta complicado si hay que hacerlo a más de uno simultáneamente.

3.2.2. IMPLEMENTACIÓN EN EL CCV

Debido a las razones descritas anteriormente, se ha decidido implementar en el CCV dos mecanismos con objeto de mitigar el exceso de carga de trabajo y el estrés que puede acarrear para el operador la concurrencia de varios vehículos cooperando en una misión.

El primero consiste en la solución más intuitiva, delegar tareas. Aprovechando la arquitectura distribuida descrita en la sección 2, se dividirán las tareas de supervisión y comando de los vehículos en tiempo de ejecución. De esta forma el software gana una gran flexibilidad permitiendo al operador transferir a otros operadores las tareas que no se sienta capaz de realizar en un momento dado. Para ello el operador debe indicarle al CCV que desea delegar una tarea, por ejemplo el control de uno de los barcos, por medio del menú de opciones del *Interfaz Gráfico*, que le mandará la orden al *Servicio de Comunicaciones*, donde se comprobará que la transferencia puede realizarse sin peligro, revisando la disponibilidad y otras restricciones en el *Servidor Central*. Una vez comprobado que se cumplen todos los requisitos, se enviará una notificación al operador que se desea transferir las tareas y éste deberá aceptarlas (ya que no tendría sentido transferirle tareas a un Operador que ya está muy ocupado). Si el segundo operador acepta, el sistema realiza la transición de forma que el vehículo no quede incomunicado en ningún momento.

En segundo lugar, se ha implementado entre las estrategias de Adaptabilidad del CCV un sistema de Transparencia que nos permitirá ocultar ciertos componentes gráficos del Interfaz de usuario cuando no sean relevantes. Este mecanismo, como podemos ver en la Figura 5 se modeliza mediante

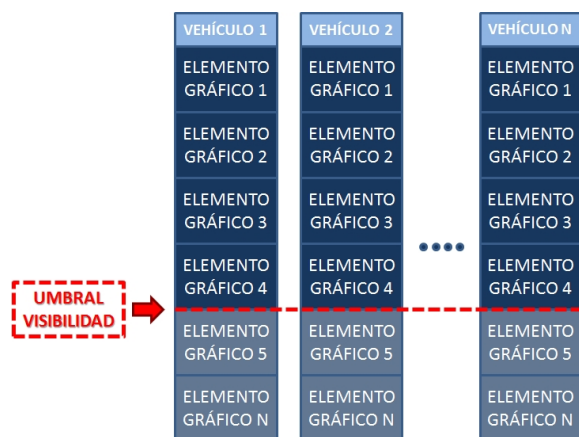


Figura 5: Esquema de Vectores de Visibilidad para Transparencia

dos elementos:

Los *Vectores de Visibilidad*. Se trata de un array de elementos gráficos donde se almacenarán ordenados de mayor a menor prioridad (un elemento gráfico con mayor prioridad tendrá más importancia y por tanto tendrá más probabilidad de ser mostrado en pantalla) todos los elementos que representen datos recibidos de un vehículo. Por lo tanto, cada uno de estos vectores corresponde a uno de los grupos de elementos gráficos donde se muestran los datos de un vehículo. La prioridad de los elementos variará en tiempo de ejecución en base a los datos recibidos por el *Motor de Adaptabilidad*, que decide cuándo se deben reordenar los elementos mediante la estrategia establecida para ello en ese momento o por algún disparador recibido de los datos de una misión, vehículo o bajo demanda del operador.

Los *Umbrales de Visibilidad*. Indican a cada *Vector de Visibilidad* cuántos elementos deben mostrarse por pantalla. Este número puede variar por las razones mencionadas anteriormente. Por ejemplo, si se detecta que el usuario está sobrecargado, se puede optar por disminuir el número de elementos a mostrar para que su carga de trabajo de monitorización disminuya. Por el contrario, si la carga de trabajo o el nivel de estrés del usuario disminuye, el *Umbral de Visibilidad* aumentará permitiendo al *Interfaz Gráfico* mostrar un mayor número de elementos de cada vehículo.

Los valores asignados a cada elemento gráfico, como hemos comentado anteriormente, pueden variar durante el desarrollo de la misión. Algunos ejemplos de estos valores pueden ser: la *prioridad*, que indica la importancia del elemento gráfico para este vehículo y misión; el *coste* de mostrar el elemento en pantalla y el *valor* que el usuario le otorga a ver dicho elemento. Como es posible que

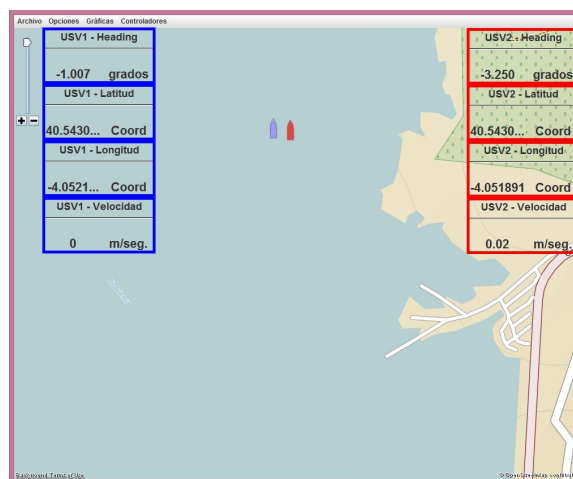


Figura 6: Funcionamiento de Transparencia 1

durante el transcurso de la misión al operador le resulte necesario algún elemento gráfico no visible en ese momento, se podrá elegir cualquiera de ellos mediante un menú desplegable del *Interfaz Gráfico* para mostrarlo instantáneamente.

3.2.3. FUNCIONAMIENTO

Un ejemplo de funcionamiento de Transparencia en el CCV puede ilustrarse con una misión de localización en la que los barcos pararán momentáneamente y un cuatrirrotor autónomo (UAV - Unmanned Aerial Vehicle) despegará desde una plataforma en el barco líder para realizar un vuelo de reconocimiento.

Se parte de la configuración mostrada en la Figura 6, en la que los dos barcos han acudido a un punto de ruta que se les ha indicado desde el *Planificador*. Durante la aproximación al punto de ruta, sólo se monitorizan los dos barcos ya que el cuatrirrotor está parado en la plataforma del barco líder, por lo que se pueden mostrar hasta cuatro elementos relevantes referentes a cada uno de los barcos. Al llegar al punto señalado ambos vehículos se paran y el cuatrirrotor despegue.

En la Figura 7 vemos la siguiente fase de la maniobra, en la que ambos barcos ya están parados y el cuatrirrotor ha despegado, por lo que aparece su bloque de elementos gráficos (abajo, en negro). Al *Motor Adaptativo* le llegan los datos relativos a la misión, número de vehículos y el usuario desde la *BD de Perfiles y Restricciones* y el *Bloque de Parámetros* y mediante el algoritmo que se haya elegido como estrategia, cambiará el *Umbral de Visibilidad* de los barcos que, al estar parados, tienen menos datos relevantes a monitorizar (la posición). En este caso se fija el Umbral para los barcos en 2 y el del cuatrirrotor en 4, pudiendo monitorizar todos los datos necesarios para cono-

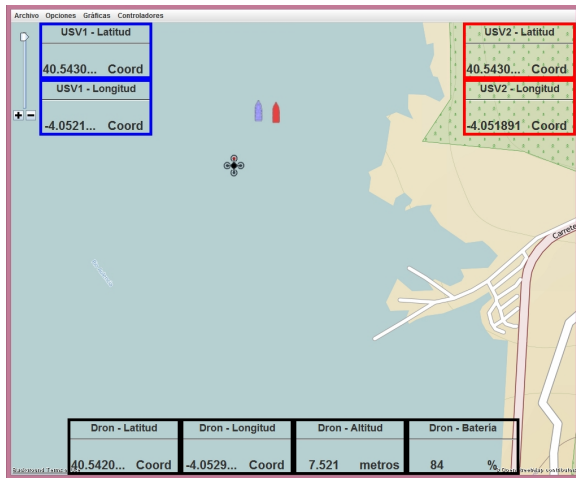


Figura 7: Funcionamiento de Transparencia 2

cer su estado y situación en la misión.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se ha diseñado un Centro de Control Versátil reconfigurable que cuenta con una arquitectura distribuida que, además de encapsular algunos aspectos de la codificación de datos y comunicaciones (facilitando la reutilización de cada uno de los módulos que la forman), otorga una mayor flexibilidad a la hora de monitorizar y comandar los vehículos implicados en cada misión (permitiendo la redistribución de recursos entre operadores en tiempo real).

Además se ha dotado al Software de una infraestructura lo suficientemente robusta y flexible para implementar y realizar experimentos sobre los dos conceptos descritos, Adaptabilidad y Transparencia. Esto añade valor a nuestro CCV y tiene el objetivo de facilitar la labor del usuario reubicando y cambiando el aspecto de los elementos gráficos del Interfaz de Usuario o incluso ocultando algunos de menor relevancia momentáneamente, reduciendo así la carga de trabajo que el operador debe soportar.

Actualmente se está trabajando en la implementación de diferentes algoritmos que formen las Estrategias y Tácticas para el *Motor Adaptativo* y de esta forma poder probar cuáles se ajustan mejor a las necesidades de los operadores y las misiones en el proyecto SALACOM. También se está trabajando en fusionar las medidas, tanto de estado [28] como de entorno [29] de los vehículos para obtener una estimación más precisa y completa en la detección de obstáculos potenciales o a la hora de actuar de forma reactiva en el caso de colisión inminente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte bajo el proyecto DPI2013-46665-C2.

Referencias

- [1] Patterson, M. C., Mulligan, A., and Boiteux, F. (2013) Safety and security applications for micro-unmanned surface vessels. *2013 OCEANS-San Diego*, pp. 1–6, IEEE.
- [2] Ribas, D., Palomeras, N., Ridao, P., Carreras, M., and Mallios, A. (2012) Girona 500 auv: From survey to intervention. *IEEE ASME Transactions on Mechatronics*, **17**, 46–53.
- [3] Sutton, R., Sharma, S., and Xiao, T. (2011) Adaptive navigation systems for an unmanned surface vehicle. *Journal of Marine Engineering & Technology*, **10**, 3–20.
- [4] Murphy, R. R., Steimle, E., Griffin, C., Cullins, C., Hall, M., and Pratt, K. (2008) Cooperative use of unmanned sea surface and micro aerial vehicles at hurricane wilma. *Journal of Field Robotics*, **25**, 164–180.
- [5] Lindemuth, M., et al. (2011) Sea robot-assisted inspection. *IEEE robotics & automation magazine*, **18**, 96–107.
- [6] Heo, J., Kim, S., and Kwon, Y. (2016) Design of ground control station for operation of multiple combat entities. *Journal of Computer and Communications*, **4**, 66–71.
- [7] Mupparapu, S. S., Chappell, S. G., Komerska, R. J., Blidberg, D. R., Nitzel, R., Benton, C., Popa, D. O., and Sanderson, A. C. (2004) Autonomous systems monitoring and control (asmac)-an auv fleet controller. *Autonomous Underwater Vehicles, 2004 IEEE/OES*, pp. 119–126, IEEE.
- [8] Bürkle, A., Segor, F., Kollmann, M., and Schönbein, R. (2011) Universal ground control station for heterogeneous sensors. *Journal On Advances in Telecommunications, IA-RIA*, **3**, 152–161.
- [9] Burmeister, H.-C., Bruhn, W., Rødseth, Ø. J., and Porathe, T. (2014) Autonomous unmanned merchant vessel and its contribution towards the e-navigation implementation: The munin perspective. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, **1**, 1–13.

- [10] Walter, B. E., Knutzon, J. S., Sannier, A. V., and Oliver, J. H. (2004) Virtual uav ground control station. *AIAA 3rd Unmanned Unlimited Technical Conference, Workshop and Exhibit*.
- [11] Chen, J., Procci, K., Boyce, M., Wright, J., Garcia, A., and Barnes, M. (2014) Situation awareness-based agent transparency(no. arl-tr-6905).
- [12] Mercado, J. E., Rupp, M. A., Chen, J. Y. C., Barnes, M. J., Barber, D., and Procci, K. (2016) Intelligent agent transparency in human-agent teaming for multi-UxV management. *Human Factors*, **58**, 401–415.
- [13] Garlan, D., Cheng, S.-W., Huang, A.-C., Schmerl, B., and Steenkiste, P. (2004) Rainbow: Architecture-based self-adaptation with reusable infrastructure. *Computer (IEEE Computer Society)*, **7 (Issue: 10)**, 48–54.
- [14] Cheng, S.-W., Garlan, D., and Schmerl, B. (2006) Architecture-based self-adaptation in the presence of multiple objectives. *SEAMS 06 Proceedings of the 2006 international workshop on Self-adaptation and self-managing systems*, pp. 2–8.
- [15] Cheng, S.-W. and Garlan, D. (2007) Handling uncertainty in autonomic systems. *Automated Software Engineering - ASE 07*.
- [16] Cheng, S.-W., Huang, A.-C., Garlan, D., Schmerl, B., and Steenkiste, P. (2004) Rainbow: Architecture-based self-adaptation with reusable infrastructure. *Proceedings of the International Conference on Autonomic Computing (ICAC 04)*, pp. 276 – 277.
- [17] Cummings, M. L., How, J. P., Whitten, A., and Toupet, O. (2012) The impact of human–automation collaboration in decentralized multiple unmanned vehicle control. *Proceedings of the IEEE*, **100**, 660–671.
- [18] Bonache Seco, D. C. J. M. M. L.-O. J. B. P. E. d. l. C. G. J., J.A. (2017) Centro de control de tierra para colaboración de vehículos autónomos marinos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial (RIAI)*.
- [19] Bonache Seco, J. A., López Orozco, J. A., Besada Portas, E., and de la Cruz, J. M. (2016) Centro de control versátil: Estado actual y evolución hacia la adaptabilidad. pp. 979–986, CEA.
- [20] Lapierre, L. and Soetanto, D. (2007) Nonlinear path-following control of an auv. *Ocean engineering*, **34**, 1734–1744.
- [21] Park, S., Deyst, J., and How, J. P. (2007) Performance and lyapunov stability of a nonlinear path following guidance method. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, **30**, 1718–1728.
- [22] de la Cruz, J. M., Lopez-Orozco, A. J., Besada Portas, E., and Aranda Almansa, J. (2016) Control de formaciones de vehículos marinos de superficie con restricciones de entrada. pp. 1044–1051, CEA.
- [23] de la Cruz, J. M., Lopez-Orozco, A. J., Besada Portas, E., Moreno Salinas, D., and Aranda Almansa, J. (2014) Seguimiento de caminos para formaciones de vehículos marinos de superficie.
- [24] de la Cruz, J. M., Lopez-Orozco, J. A., Besada-Portas, E., and Aranda-Almansa, J. (2015) A streamlined nonlinear path following kinematic controller. *2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 6394–6401, IEEE.
- [25] Naghshineh, T. K. . S. K. . Y. C. . M. (2000) Threshold-type call admission control in wireless/mobile multimedia networks using prioritised adaptive framework. *Electronics Letters IEEE 2000*, **36**, 852–854.
- [26] Kuo, L. H. S. K. C.-C. (2004) Adaptive resource allocation for multimedia qos management in wireless networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, **53**, 547–558.
- [27] Oreizy, P., Gorlick, M. M., Taylor, R. N., Heimbigner, D., Johnson, G., Medvidovic, N., Quilici, A., Rosenblum, D. S., and Wolf, A. L. (1999) An architecture-based approach to self-adaptive software.
- [28] Besada-Portas, E., Lopez-Orozco, J. A., Besada, J., and Jesus, M. (2011) Multisensor fusion for linear control systems with asynchronous, out-of-sequence and erroneous data. *Automatica*, **47**, 1399–1408.
- [29] Besada-Portas, E., Lopez-Orozco, J. A., and de la Cruz, J. (2002) Unified fusion system based on bayesian networks for autonomous mobile robots. *Information Fusion, 2002. Proceedings of the Fifth International Conference on*, vol. 2, pp. 873–880, IEEE.