

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 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>	

PROGRAMACIÓN ATRACTIVA DE PLC

Eduardo J. Moya de la Torre
ITAP, Universidad de Valladolid, 47011, Valladolid, edumoy@eii.uva.es

Alfonso Poncela, F. Javier García Ruiz
ITAP, Universidad de Valladolid, 47011, Valladolid {[poncela,javgar](mailto:poncela.javgar@eii.uva.es)}@eii.uva.es

Víctor del Barrio Lagándara, victor.barrio.lagandara@alumnos.uva.es

El objetivo de este artículo es presentar una nueva forma de transmitir los conocimientos en cuanto al manejo y programación de autómatas se refiere, utilizando para ello un software de simulación que nos permita comprobar en todo momento cual sería el resultado físico de las instrucciones programadas en el autómata. Se mostrará su funcionamiento con fines puramente didácticos.

Se recurre al diseño y programación de varias estaciones de trabajo que se asemejen en gran medida muchos de los procesos que se dan hoy en día a nivel industrial.

El equipo necesario para llevar a cabo esta tarea consta de una parte software compuesta por el programa de simulación (FACTORY I/O) y el programa para realizar la programación de las diferentes instrucciones del autómata (TIA PORTAL), así como de una parte hardware en la que se encuentran elementos como el ordenador con el que se realizará la programación de los diferentes elementos y se simulará la estación, un PLC encargado de gobernar el control de nuestras plantas virtuales y una pantalla HMI que nos permite monitorizar alguno de los procesos.

Palabras Clave: PLC, simulación, TIA PORTAL, FACTORY I/O, programación.

1 INTRODUCCIÓN

En el marco de las asignaturas de control que se imparten sobre todos en el Grado de Electrónica Industrial y Automática (GEIA) en la Universidad de Valladolid, se desea realizar un conjunto de prácticas que sirva como apoyo a otros equipos de prácticas, con un manejo simple y fácilmente transportable.

El creciente desarrollo de la automatización de procesos que se ha dado en estos últimos años hace que cada vez adquiera más relevancia por universidades e instituciones educativas la impartición de conocimientos asociados con la robótica, el control o la instrumentación.

El problema que se presenta en la mayoría de las

ocasiones es que este tipo de conocimientos poseen una gran carga matemática que hacen que la asimilación de conceptos sea un tanto compleja y abstracta, dificultando la interiorización de los mismos.

Por otro lado, la impartición de dichos conocimientos de manera individualizada muchas veces no permite ver la relación que existen entre ellos ya que al final unos se apoyan en las funciones de otros para poder trabajar.

Todos estos problemas se solucionan cuando el estudiante una vez finalizado sus estudios accede a un puesto de trabajo y ve en la realidad como en una máquina de un proceso industrial están todos los conceptos que había estudiado, pero sin obtener una visión global de los mismo.

Para los centros educativos proporcionar dichas oportunidades es casi imposible debido al elevado coste económico que poseen las máquinas a nivel industrial. Sin embargo, hoy en día existen softwares de simulación y de programación que aúnan gran parte de los conocimientos teóricos y que permiten visualizar como sería el comportamiento real de los mismos, tal y como si estuviéramos en una planta real, permitiendo al alumno obtener una visión global de la automatización de procesos.

El presente artículo se organiza de la siguiente manera: después de esta breve introducción, en la segunda sección se muestran los objetivos principales del trabajo, en la tercera sección se hace una descripción del software de simulación FACTORY I/O así como de sus principales características y librerías. En la cuarta sección se presentan los elementos necesarios para el desarrollo de las estaciones creadas en la aplicación. En la quinta sección se presentan cada una de las cuatro estaciones de trabajo creadas con su diseño, conexionado, funcionamiento y programación a partir de los elementos básicos. Finalmente, se ofrecen algunas de las principales conclusiones obtenidas para la utilización del equipo de prácticas en el Grado de Electrónica Industrial y Automática (GEIA) en la Universidad de Valladolid, y las referencias utilizadas.

2 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es la programación y simulación de cuatro procesos industriales en los que se manejarán tanto señales analógicas como digitales, se regularán procesos continuos mediante control PID además de monitorizar algunas acciones por pantalla HMI.

El hardware empleado es un ordenador personal, un autómata S7-1200 de Siemens y una pantalla HMI KTP 700 BASIC PN de Siemens. Las herramientas de software son FACTORY I/O y TIA PORTAL.

Para la realización de los objetivos mencionados con anterioridad ha sido necesario:

- Diseñar y estudiar el comportamiento de los diferentes elementos que componen cada una de las estaciones, así como las señales de control de los mismos.
- Programar las instrucciones de control que gobernarán cada una de las estaciones acordes a los requisitos de funcionamiento.
- Realizar el conexionado del ordenador personal con el PLC y el HMI para crear una red local a través de la cual puedan comunicarse.
- Estudiar y analizar la documentación de FACTORY I/O para conocer cómo se realiza la comunicación con diferentes elementos tanto de tipo software como hardware.
- Investigar sobre la correcta configuración del hardware de la CPU del autómata para que pueda comunicarse con FACTORY I/O.
- Implementar la comunicación entre FACTORY I/O y el software de simulación de PLCSIM para poder visualizar el comportamiento de las estaciones sin necesidad de disponer de un PLC.
- Programar el algoritmo de control de lazo cerrado PID para controlar el proceso continuo.
- Configurar la pantalla HMI para que se comunique con el PLC y que responda a las órdenes dadas por el operario de control de planta

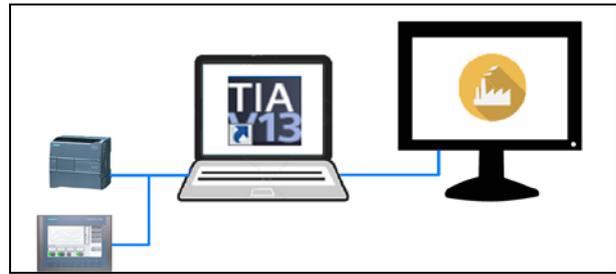


Figura 1: Elementos necesarios

3 ELEMENTOS NECESARIOS

Los elementos necesarios para realizar este trabajo son, Figura 1:

- Software de programación de PLC y HMI
- Software de simulación Factory I/O
- PLC 1200 de SIEMENS
- Cámara de órbita
- HMI
- Ordenador con pantalla externa
- Cableado para establecer todas las comunicaciones.

4 METODOLOGÍA

A continuación, presentamos los pasos que se han seguido en todos los casos realizados

4.1 INTRODUCCIÓN

El uso de FACTORY I/O nos permite realizar de forma sencilla simulaciones de fábricas en 3D para el aprendizaje de tecnologías de automatización. Permite construir rápidamente una fábrica virtual utilizando una selección de piezas industriales comunes.

Por otro lado, incluye muchas escenas inspiradas en aplicaciones industriales típicas de diferente nivel de dificultad.

El escenario más común es usar el software como una plataforma de entrenamiento de PLC ya que son los controladores más comunes que se encuentran en aplicaciones industriales. Sin embargo, este programa también ofrece la posibilidad de utilizar microcontroladores, SoftPLC, Modbus, entre otras muchas tecnologías.

4.2 NAVEGACIÓN

Se dispone de varias cámaras virtuales que nos permiten navegar en el espacio 3D y son clave para interactuar con las diferentes partes. Las cámaras son de tres tipos diferentes y cada una fue diseñada para un propósito funcional específico. Estos tres tipos de cámaras son:

- Cámara de órbita
- Cámara Fly
- Cámara de primera persona

4.3 CONTROL CON PLC

El control de la escena mediante el uso de un PLC se realiza a través de los controladores de Entrada/Salida que incorpora FACTORY I/O, el cual proporciona una lista de escenas para usar inspiradas en aplicaciones industriales de diferente nivel de dificultad

FACTORY I/O incluye muchos controladores de E/S, cada uno para una tecnología específica. Para el caso de este trabajo se han adquirido la licencia de controladores de la marca SIEMENS.

Configurando adecuadamente dicho controlador, este sabrá leer y escribir Entradas/Salidas desde el mismo.

En la Figura 2, se muestra un esquema de la configuración general de comunicación entre FACTORY I/O y TIA

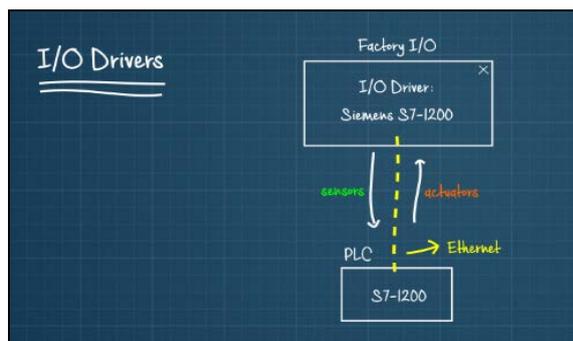


Figura 2: Configuración

4.4. Componentes

Se incluye una colección de piezas basadas en el equipo industrial más común. Hay más de 80 partes, organizadas en ocho categorías: artículos, piezas de carga pesada, partes de carga ligera, sensores, operadores, estaciones, dispositivos de aviso y pasarelas, como se ve en la Figura 4.



Figura 3: Componentes

5 ESTACIONES DE TRABAJO

En este apartado se pasa a presentar cada una de las estaciones de trabajo diseñadas y programadas para cumplir ciertos requisitos de funcionamiento.

Para ello se van a presentar las siguientes estaciones:

- Estación paletizadora, Figura 4.
- Estación distribuidora, Figura 7.
- Estación depósito-líquido, Figura 11.
- Estación gestión almacén stock, Figura 16

Y para cada estación vamos a seguir el mismo esquema general de presentación, el cual consta de:

- Descripción del funcionamiento
- Conexión de E/S
- Programación del autómat

5.1 Estación paletizadora

5.1.1 Descripción funcionamiento

En esta estación se realizó la automatización de un proceso de paletizado en el que una serie de cajas son distribuidas de una determinada forma sobre un palé.

La estación consta de una cinta transportadora por donde llegan las cajas que deben ser posicionadas sobre el palé. Al final de la misma, se encuentra un pistón cuya función es posicionar de forma adecuada la caja para que pueda ser accesible por el robot cartesiano.

También hay una cinta de rodillos a través de la cual se van desplazando los palés, en mitad de la cinta se encuentra un rodillo de parada que sirve para impedir el avance del palé cuando ya se encuentra en la posición adecuada.

El elemento que es encargado de llevar a cabo todo el proceso de paletizado de cajas es un robot cartesiano. El robot distribuirá 6 cajas sobre cada palé, de tal forma que, dependiendo del número de caja, el robot se situará sobre unas posiciones u otras.

Cuando un palé está completo se vuelve a poner en marcha la cinta de rodillos, desplazando el palé que ya se encuentra ocupado por cajas hacia el final de la cinta, al mismo tiempo que otro nuevo palé se coloca en la posición correspondiente para ser cargado por cajas.

Para gobernar el comportamiento de la estación por parte del operario se dispone de un cuadro de mando con los siguientes elementos:

- Botón de marcha
- Botón de paro
- Botón de parada de emergencia



Figura 4: Estación Paletizadora

5.1.2 Conexión de entradas/salidas

Las entradas y salidas utilizadas para realizar el programa en TIA PORTAL son las mismas que las utilizadas en la configuración de la estación en FACTORY I/O ya que, si no se realiza de esta forma, no existe una correcta comunicación entre el autómatas y el modelo de simulación.

A continuación, se muestra en una tabla las entradas y salidas utilizadas en la elaboración del programa en TIA PORTAL y como se muestran esas conexiones en el PLC virtual de FACTORY I/O, Figura 5.

SENSORES		HUB 121 M8E-1		ACTUADORES	
EMERGENCIA	Senor freno cinta	FI 0	Q0.0	Motorsorte	Carretillo Desplazamiento X(0)
Carretillo Pasadizo X(0)	Senor final cinta	FI 1	Q0.1	Revolucion paron	Carretillo Desplazamiento Y(0)
Carretillo Pasadizo Y(0)	Senor paron	FI 2	Q0.2	accion	Carretillo Desplazamiento X(1)
Carretillo Pasadizo Z(1)	Senor inicio rodillos	FI 3	Q0.3	Sen paron	Carretillo Z (Eje1)
FACTORY I/O (Pasar)	Senor final rodillos	FI 4	Q0.4	Motor rodillos	Carretillo Z (Eje2)
FACTORY I/O (Pasar)		FI 5	Q0.5	Rotulo paron	Impresora
FACTORY I/O (Roton)		FI 6	Q0.6	Motor cinta	Motor cinta
FACTORY I/O (Cinta Saca)		FI 7	Q0.7	Motor rodillos	Motor rodillos
MARCHA	MARCHA	FI 8	Q0.8	Señalización marcha	Señalización paron
PARO	PARO	FI 9	Q0.9	Señalización paron	Señalización paron
Flan 8 (Flan 1) (Lanz)	EMERGENCIA	FI 10	Q0.10		
Flan 8 (Flan 1) (Sen Saca)		FI 11	Q0.11		
Flan 8 (Flan 1) (Sen Saca)		FI 12	Q0.12		
Flan 8 (Flan 1) (Sen Saca)		FI 13	Q0.13		
Flan 8 (Flan 1) (Sen Saca)		FI 14	Q0.14		
Flan 8 (Flan 1) (Sen Saca)		FI 15	Q0.15		
Flan 8 (Flan 1) (Sen Saca)		FI 16	Q0.16		
Flan 8 (Flan 1) (Sen Saca)		FI 17	Q0.17		
Senor final rodillos		FI 18	Q0.18		
Senor inicio rodillos		FI 19	Q0.19		
Senor inicio rodillos		FI 20	Q0.20		
Senor paron		FI 21	Q0.21		
		FI 22	Q0.22		
		FI 23	Q0.23		
		FI 24	Q0.24		
		FI 25	Q0.25		
		FI 26	Q0.26		
		FI 27	Q0.27		
		FI 28	Q0.28		
		FI 29	Q0.29		
		FI 30	Q0.30		
		FI 31	Q0.31		
		FI 32	Q0.32		
		FI 33	Q0.33		
		FI 34	Q0.34		
		FI 35	Q0.35		
		FI 36	Q0.36		
		FI 37	Q0.37		
		FI 38	Q0.38		
		FI 39	Q0.39		
		FI 40	Q0.40		
		FI 41	Q0.41		
		FI 42	Q0.42		
		FI 43	Q0.43		
		FI 44	Q0.44		
		FI 45	Q0.45		
		FI 46	Q0.46		
		FI 47	Q0.47		
		FI 48	Q0.48		
		FI 49	Q0.49		
		FI 50	Q0.50		
		FI 51	Q0.51		
		FI 52	Q0.52		
		FI 53	Q0.53		
		FI 54	Q0.54		
		FI 55	Q0.55		
		FI 56	Q0.56		
		FI 57	Q0.57		
		FI 58	Q0.58		
		FI 59	Q0.59		
		FI 60	Q0.60		
		FI 61	Q0.61		
		FI 62	Q0.62		
		FI 63	Q0.63		
		FI 64	Q0.64		
		FI 65	Q0.65		
		FI 66	Q0.66		
		FI 67	Q0.67		
		FI 68	Q0.68		
		FI 69	Q0.69		
		FI 70	Q0.70		
		FI 71	Q0.71		
		FI 72	Q0.72		
		FI 73	Q0.73		
		FI 74	Q0.74		
		FI 75	Q0.75		
		FI 76	Q0.76		
		FI 77	Q0.77		
		FI 78	Q0.78		
		FI 79	Q0.79		
		FI 80	Q0.80		
		FI 81	Q0.81		
		FI 82	Q0.82		
		FI 83	Q0.83		
		FI 84	Q0.84		
		FI 85	Q0.85		
		FI 86	Q0.86		
		FI 87	Q0.87		
		FI 88	Q0.88		
		FI 89	Q0.89		
		FI 90	Q0.90		
		FI 91	Q0.91		
		FI 92	Q0.92		
		FI 93	Q0.93		
		FI 94	Q0.94		
		FI 95	Q0.95		
		FI 96	Q0.96		
		FI 97	Q0.97		
		FI 98	Q0.98		
		FI 99	Q0.99		
		FI 100	Q0.100		
		FI 101	Q0.101		
		FI 102	Q0.102		
		FI 103	Q0.103		
		FI 104	Q0.104		
		FI 105	Q0.105		
		FI 106	Q0.106		
		FI 107	Q0.107		
		FI 108	Q0.108		
		FI 109	Q0.109		
		FI 110	Q0.110		
		FI 111	Q0.111		
		FI 112	Q0.112		
		FI 113	Q0.113		
		FI 114	Q0.114		
		FI 115	Q0.115		
		FI 116	Q0.116		
		FI 117	Q0.117		
		FI 118	Q0.118		
		FI 119	Q0.119		
		FI 120	Q0.120		
		FI 121	Q0.121		
		FI 122	Q0.122		
		FI 123	Q0.123		
		FI 124	Q0.124		
		FI 125	Q0.125		
		FI 126	Q0.126		
		FI 127	Q0.127		
		FI 128	Q0.128		
		FI 129	Q0.129		
		FI 130	Q0.130		
		FI 131	Q0.131		
		FI 132	Q0.132		
		FI 133	Q0.133		
		FI 134	Q0.134		
		FI 135	Q0.135		
		FI 136	Q0.136		
		FI 137	Q0.137		
		FI 138	Q0.138		
		FI 139	Q0.139		
		FI 140	Q0.140		
		FI 141	Q0.141		
		FI 142	Q0.142		
		FI 143	Q0.143		
		FI 144	Q0.144		
		FI 145	Q0.145		
		FI 146	Q0.146		
		FI 147	Q0.147		
		FI 148	Q0.148		
		FI 149	Q0.149		
		FI 150	Q0.150		
		FI 151	Q0.151		
		FI 152	Q0.152		
		FI 153	Q0.153		
		FI 154	Q0.154		
		FI 155	Q0.155		
		FI 156	Q0.156		
		FI 157	Q0.157		
		FI 158	Q0.158		
		FI 159	Q0.159		
		FI 160	Q0.160		
		FI 161	Q0.161		
		FI 162	Q0.162		
		FI 163	Q0.163		
		FI 164	Q0.164		
		FI 165	Q0.165		
		FI 166	Q0.166		
		FI 167	Q0.167		
		FI 168	Q0.168		
		FI 169	Q0.169		
		FI 170	Q0.170		
		FI 171	Q0.171		
		FI 172	Q0.172		
		FI 173	Q0.173		
		FI 174	Q0.174		
		FI 175	Q0.175		
		FI 176	Q0.176		
		FI 177	Q0.177		
		FI 178	Q0.178		
		FI 179	Q0.179		
		FI 180	Q0.180		
		FI 181	Q0.181		
		FI 182	Q0.182		
		FI 183	Q0.183		
		FI 184	Q0.184		
		FI 185	Q0.185		
		FI 186	Q0.186		
		FI 187	Q0.187		
		FI 188	Q0.188		
		FI 189	Q0.189		
		FI 190	Q0.190		
		FI 191	Q0.191		
		FI 192	Q0.192		
		FI 193	Q0.193		
		FI 194	Q0.194		
		FI 195	Q0.195		
		FI 196	Q0.196		
		FI 197	Q0.197		
		FI 198	Q0.198		
		FI 199	Q0.199		
		FI 200	Q0.200		

Figura 5: Distribución E/S estación paletizadora

5.1.3 Programación del autómatas

La programación del autómatas se realiza mediante la utilización del lenguaje de contactos o KOP, adquiriendo la siguiente estructura general del programa, Figura 6.

5.2 Estación distribuidora

5.2.1 Descripción funcionamiento

En esta estación se automatiza de un proceso en el cual dos tipos diferentes de piezas son distribuidas y almacenadas en cajas de cuatro unidades cada una para su posterior transporte.

A ambos lados del clasificador se encuentran dos líneas distribuidoras de producto independientes una de la otra.

Al inicio del proceso se encuentra una cinta transportadora sobre la cual llegan diferentes tipos de piezas. Al final de la misma hay un clasificador de ruedas, al que se le ha incorporado un sensor de visión artificial, de tal forma que si el sensor detecta que la pieza es de un tipo determinado, activa el clasificador desplazando la pieza situada sobre él hacia un lado u otro del mismo.



Figura 6: Bloques estación paletizadora

Al final de cada línea se encuentra una barrera de parada que detiene el desplazamiento de la pieza, colocándola en la posición adecuada para que posteriormente pueda ser alcanzada por el robot.

Cada robot tiene asociado otra cinta transportadora sobre la cual aparecerán las cajas en las que se van a almacenar hasta cuatro unidades de piezas de cada tipo. Cuando una caja se ha completado con cuatro piezas del mismo tipo, se desplaza hasta el final de la línea, volviendo otra caja vacía a ocupar la posición abandonada por la caja anterior para ser nuevamente ocupada por piezas.

Para gobernar el comportamiento de la estación se dispone de un cuadro de mando con los siguientes elementos:

- Botón de marcha
- Botón de paro
- Botón de parada de emergencia
- Botón de reset de contadores de piezas



Figura 7: Estación distribuidora

5.2.2 Conexionado de entradas/salidas

A continuación, se muestra en una tabla las entradas y salidas utilizadas en la elaboración del programa en TIA PORTAL y como se muestran esas conexiones en el PLC virtual de FACTORY I/O.

SENSORES		ACTUADORES	
reservorio caja azules	DI1.0	0E.0	Selector distribuidor
reservorio caja verdes	DI1.1	0E.1	Abertura nivel azul
Emergencia	DI1.2	0E.2	Abertura nivel verde
FACTORY I/O (Power)	DI1.3	0E.3	Preparamiento sistema distribuidor
FACTORY I/O (Status)	DI1.4	0E.4	Cinta recoger verdes
FACTORY I/O (Flow Status)	DI1.5	0E.5	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.6	0E.6	Cinta recoger verdes
Robotica proceso verdes	DI1.7	0E.7	Cinta recoger azules
Marcha	DI1.8	0E.8	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.9	0E.9	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.10	0E.10	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.11	0E.11	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.12	0E.12	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.13	0E.13	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.14	0E.14	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.15	0E.15	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.16	0E.16	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.17	0E.17	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.18	0E.18	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.19	0E.19	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.20	0E.20	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.21	0E.21	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.22	0E.22	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.23	0E.23	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.24	0E.24	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.25	0E.25	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.26	0E.26	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.27	0E.27	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.28	0E.28	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.29	0E.29	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.30	0E.30	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.31	0E.31	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.32	0E.32	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.33	0E.33	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.34	0E.34	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.35	0E.35	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.36	0E.36	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.37	0E.37	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.38	0E.38	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.39	0E.39	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.40	0E.40	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.41	0E.41	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.42	0E.42	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.43	0E.43	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.44	0E.44	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.45	0E.45	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.46	0E.46	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.47	0E.47	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.48	0E.48	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.49	0E.49	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.50	0E.50	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.51	0E.51	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.52	0E.52	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.53	0E.53	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.54	0E.54	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.55	0E.55	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.56	0E.56	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.57	0E.57	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.58	0E.58	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.59	0E.59	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.60	0E.60	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.61	0E.61	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.62	0E.62	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.63	0E.63	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.64	0E.64	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.65	0E.65	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.66	0E.66	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.67	0E.67	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.68	0E.68	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.69	0E.69	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.70	0E.70	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.71	0E.71	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.72	0E.72	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.73	0E.73	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.74	0E.74	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.75	0E.75	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.76	0E.76	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.77	0E.77	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.78	0E.78	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.79	0E.79	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.80	0E.80	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.81	0E.81	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.82	0E.82	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.83	0E.83	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.84	0E.84	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.85	0E.85	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.86	0E.86	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.87	0E.87	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.88	0E.88	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.89	0E.89	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.90	0E.90	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.91	0E.91	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.92	0E.92	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.93	0E.93	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.94	0E.94	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.95	0E.95	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.96	0E.96	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.97	0E.97	Cinta recoger azules
Robotica proceso verdes	DI1.98	0E.98	Cinta recoger azules
Robotica proceso azules	DI1.99	0E.99	Cinta recoger azules

Figura 8: Distribución E/S estación distribuidora

5.2.3 Programación del autómat

La programación del autómat se realiza mediante la utilización del lenguaje de contactos o KOP, adquiriendo la siguiente estructura general del programa.

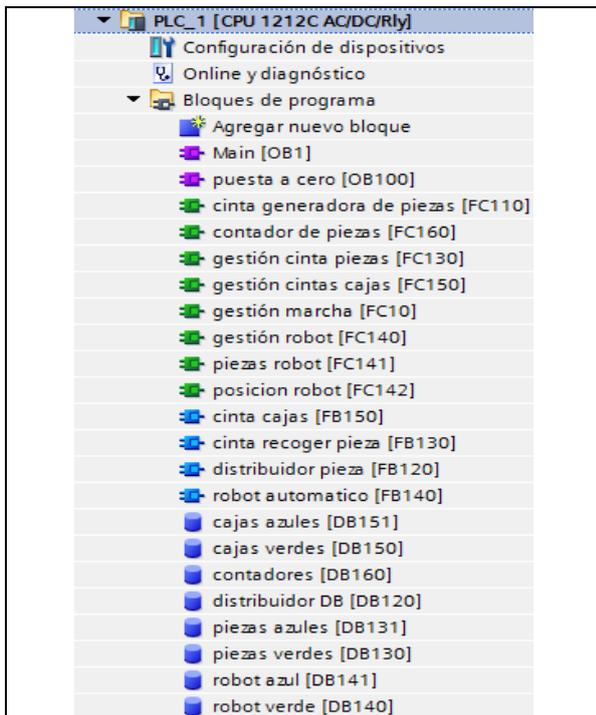


Figura 9: Bloques estación distribuidora

5.3 Estación depósito líquido

5.3.1 Descripción funcionamiento

En este caso se trata de controlar un proceso continuo que consiste en el llenado y vaciado de un depósito

mediante una serie de válvulas.

La estación consta de un depósito de líquido que posee dos válvulas diferentes, una para realizar el llenado del mismo, y otra para vaciarlo. Junto a este depósito se encuentra un cuadro de mando desde el cual el operario puede seleccionar una cantidad determinada de líquido mediante el uso de un potenciómetro y añadirla al depósito o extraerla.

A su vez se han incorporado dos display encargados de informar al operario de la cantidad de litros seleccionados y la cantidad de litros que contiene el depósito en su interior.

Cada válvula del depósito posee su propio controlador PID ya que son elementos independientes uno del otro, Figura 10

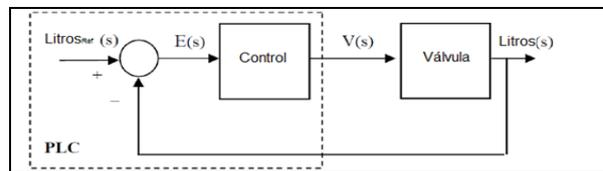


Figura 10: Esquema control PID válvula depósito

En el esquema, E(s) representa la señal de error y es la diferencia entre los litros deseados en el depósito (referencia) y los litros realmente contenidos en su interior. La zona marcada con línea discontinua representa el autómat programable (S7-1200), en el que se encuentran los sistemas de control (PID) y desde el que se generan las señales de referencia.



Figura 11. Estación depósito líquido

5.3.2 Conexionado de entradas/salidas

A continuación, se muestra en una tabla las entradas y salidas utilizadas en la elaboración del programa en TIA PORTAL y como se muestran esas conexiones en el PLC virtual de FACTORY I/O.



Figura 12: Distribución E/S estación depósito líquido

5.3.3 Programación del autómat

La programación del autómat se realiza mediante la utilización del lenguaje de contactos o KOP, adquiriendo la siguiente estructura general del programa.

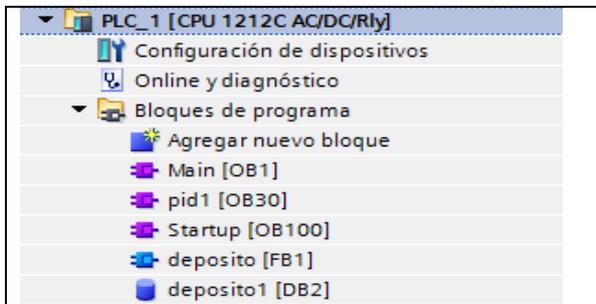


Figura 13: Bloques estación depósito líquido

Para la programación del control PID se utiliza el bloque PID_COMPACT proporcionado por TIA PORTAL configurándolo adecuadamente para que las características de respuesta se adecuen a las exigencias de nuestro sistema.

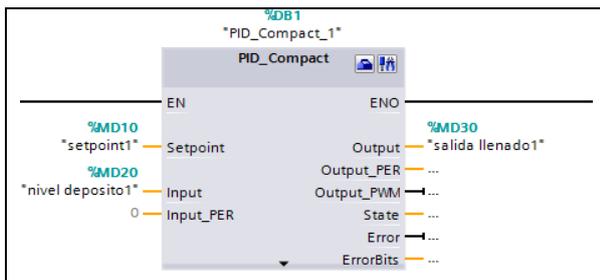


Figura 14: Bloque PID_COMPACT

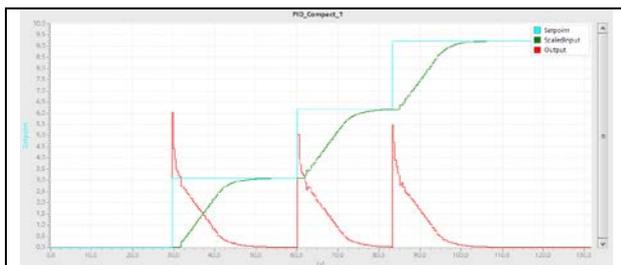


Figura 15: Visualización comportamiento PID

5.4 Estación gestión de stock almacén

5.4.1 Descripción funcionamiento

Con esta estación se pretende automatizar el stock de un almacén y controlar su gestión mediante una pantalla HMI manipulada por parte del operario.

El funcionamiento básico de la estación consiste en que por una cinta transportadora de rodillos llegan diferentes tipos de piezas en palé. Al final de esta cinta transportadora se encuentra una cámara de visión artificial que nos permite diferenciar un tipo de piezas u otras en función de su color y forma.

Una vez que la pieza ha sido reconocida y el palé se encuentra en la posición adecuada, el carro repartidor de la estación desplazará el palé con la pieza al lugar asociado del almacén, en función del tipo de pieza.

Cuando el palé con la pieza es retirado de la cinta transportadora de entrada, otro nuevo palé con otra pieza se desplazará a dicha posición para ser también almacenado.

Cuando el carro repartidor ha depositado el palé con la pieza en la posición correspondiente del almacén, vuelve a la posición de inicio para volver a repetir el proceso con otro nuevo palé.

Por otro lado, el operario va a disponer de una pantalla HMI para controlar la gestión del almacén. En dicha pantalla, en la imagen principal, se disponen de dos botones uno de MARCHA y otro de PARO para controlar el funcionamiento de la estación. Además, el operario dispone de la opción de seleccionar el tipo de gestión que quiere realizar con los productos que se van almacenando en el almacén. Si prefiere adoptar una gestión de stock tipo FIFO (First Input First Output) o a su vez prefiere una gestión tipo LIFO (Last Input First Output).

En esa misma pantalla el operario dispone a su disposición de un botón que le permite acceder a otra nueva pantalla donde puede seleccionar el tipo de pieza deseada y ver toda su información asociada. Entre esa información se encuentra el número de piezas de ese tipo que hay en stock y el tiempo que llevan en el almacén. Es aquí donde el operario decide si desea extraer algunas de las piezas de ese tipo que se encuentran es stock.

Cuando el operario decide extraer alguna pieza del stock, el carro repartidor de la estación se dirige a la fila del tipo de pieza seleccionada y en función del tipo de gestión (FIFO/LIFO), empezará a extraer piezas en una posición un otra de la fila.

Una vez la pieza ha sido extraída y depositada en el

carro repartidor, este se dirige a la cinta transportadora de salida donde será depositado el palé y finalmente abandonará la estación.

Cuando el carro repartidor haya terminado de extraer todas las piezas solicitadas por el operario, volverá a reanudar su trabajo colocando los nuevos palés que le van llegando por la cinta transportadora de entrada.



Figura 16: Estación gestión de stock almacén

5.4.2 Conexionado de entradas/salidas

A continuación, se muestra en una tabla las entradas y salidas utilizadas en la elaboración del programa en TIA PORTAL y como se muestran esas conexiones en el PLC virtual de FACTORY I/O.

SENSORES		ACTUADORES	
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.0	Rotación de entrada
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.1	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.2	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.3	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.4	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.5	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.6	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.7	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.8	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.9	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.10	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.11	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.12	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.13	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.14	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.15	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.16	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.17	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.18	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.19	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.20	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.21	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.22	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.23	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.24	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.25	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.26	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.27	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.28	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.29	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.30	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.31	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.32	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.33	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.34	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.35	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.36	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.37	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.38	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.39	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.40	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.41	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.42	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.43	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.44	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.45	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.46	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.47	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.48	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.49	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.50	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.51	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.52	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.53	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.54	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.55	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.56	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.57	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.58	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.59	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.60	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.61	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.62	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.63	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.64	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.65	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.66	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.67	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.68	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.69	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.70	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.71	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.72	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.73	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.74	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.75	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.76	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.77	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.78	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.79	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.80	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.81	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.82	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.83	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.84	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.85	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.86	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.87	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.88	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.89	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.90	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.91	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.92	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.93	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.94	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.95	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.96	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.97	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.98	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.99	Rotación de salida
FACTORY I/O (Paved)	Sensores de nivel	Q1.100	Rotación de salida

Figura 17 Distribución E/S estación gestión stock

5.4.3 Programación del autómatas

Como siempre la programación del autómatas se realiza mediante la utilización del lenguaje de contactos o KOP, Figura 18. Lo nuevo que aporta esta estación es una pantalla HMI, Figura 20.

5.4.4 Programación del HMI

La programación del HMI se realiza mediante la utilización de imágenes a las cuales se las van agregando diferentes tipos de objetos con unas propiedades específicas, estos objetos pueden realizar ciertas acciones sobre las variables del PLC o sobre las propias variables del HMI. La estructura general de las imágenes del HMI es la que se muestra a continuación:



Figura 18: Bloques gestión stock almacén



Figura 19: Bloques HMI

Siendo las siguientes algunas de las imágenes con las que trabaja el operario:



Figura 20: Gestión stock almacén

6 CONCLUSIONES

Tras la finalización de la programación y la simulación de las diferentes estaciones presentadas anteriormente y observando los resultados obtenidos podemos establecer que el uso del software FACTORY I/O facilita claramente la adquisición de nuevos conceptos en cuanto a materia de programación de PLC se refiere.

En las estaciones anteriores, a la hora de realizar su programación no se abordaba directamente la programación completa de la misma, sino que se iban dividiendo en secciones y programando poco a poco.

Cada vez que se tenía una sección programada, se simulaba para ver su comportamiento, lo que en muchos casos permite darse cuenta de la existencia de errores de programación que de otra forma hubieran pasados desapercibidos y sería a la hora de poner en marcha la estación completa cuando hubieran aparecido y siendo mucho más complicado dar con ellos y tratar de corregirlos.



Figura 21: Imagen productos HMI

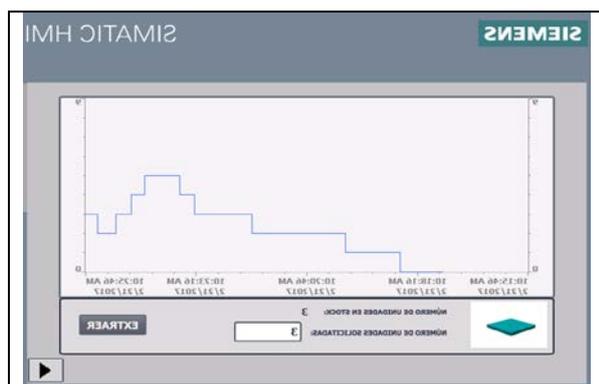


Figura 22: Registro Histórico

Por otro lado, el uso del PLC físico en todas aquellas estaciones cuya simulación se ha realizado mediante el uso del mismo, permite reforzar los conocimientos en el campo de redes de comunicación ya que es necesaria la creación de una red local para la correcta simulación de la estación.

A sí mismo, en el caso concreto del control del depósito del tanque, el uso del elemento de simulación proporcionado por FACTORY I/O permite observar el efecto que tiene sobre dicho elemento físico las diferentes estrategias de control, de otro modo hubiera sido necesario la existencia de un sistema físico con su respectivo coste y mantenimiento para poder observar los resultados.

También se ha observado que se obtienen ventajas en cuanto al uso y la programación de pantallas HMI ya que por un lado nos permite apreciar el efecto inmediato que tiene sobre la estación la activación de algún botón o elemento de la pantalla y por otro lado

nos permite hacer uso de elementos proporcionados para la programación de dichas pantallas como el uso de gráficas para monitorizar el comportamiento de ciertos procesos, el uso de avisos de sistema en caso de que se produzca algún error en la estación o el uso de recetas para cambiar ciertas variables del proceso, que de otro modo hubieran sido muy complicados de simular.

Por lo tanto, el software FACTORY I/O es un elemento más que recomendable tanto para todos aquellos que se estén iniciando en el mundo de la automatización industrial como para todas aquellas instituciones que se dediquen a la enseñanza de dicha materia.

Se han diseñado una serie de prácticas adecuadas para la docencia de la asignatura de regulación automática en la Escuela de Ingenieros Industriales de la Universidad de Valladolid.

Referencias

- [1] Controlador S7-1200 manual de sistema.:<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF> (último acceso 17/05/2017)
- [2] Programar en STEP 7: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/056/18652056/att_70833/v1/S7prv54_s.pdf. (último acceso 17/05/2017)
- [3] Simatic Step 7 en TIA PORTAL: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Tia-Portal/tia_portal/Documents/Folleto%20STEP7%20en%20TIAP%20Nov11.pdf (último acceso 17/05/2017)
- [4] Manual de sistema WINCC BASIC v13.0: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/840/91379840/att_110005/v1/WinCC_Basic_V13_esES_es-ES.pdf (último acceso 17/05/2017)
- [5] Control PID con PID_COMPACT: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/401/100746401/att_15889/v1/100746401_s7-1200_pid_compact_doku_v1d0_en.pdf (último acceso 17/05/2017)
- [6] Manual de instalación de software FACTORY I/O: <https://factoryio.com/docs/installing/> (último acceso 17/05/2017)
- [7] Configuración de drivers de FACTORY I/O para la gama S7-1200/1500 <https://factoryio.com/docs/manual/drivers/s7-1200-1500/> (último acceso 17/05/2017)
- [8] Diseño de elementos de simulación de FACTORY I/O <https://factoryio.com/docs/manual/parts/> (último acceso 17/05/2017)