

## LA ROBÓTICA COMO MATERIA INTEGRADORA EN LOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS DE INFORMÁTICA. LA EXPERIENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Resumen: Este trabajo presenta una visión global del papel de la robótica en los estudios de informática, fundamentalmente en estudios universitarios. La justificación de la presencia de la robótica en estos estudios se sustenta en cuatro pilares: la robótica permite poner en práctica conocimientos propios de la informática, es una herramienta multidisciplinar que permite completar la formación de cualquier estudiante de informática, facilita la puesta en práctica y adquisición de competencias básicas del ingeniero (como por ejemplo la de trabajo en equipo) y existe un mercado amplio y emergente para cubrir puestos de trabajo relacionados con ella. Estas ideas se describen y discuten desde la experiencia adquirida en la Universidad de Almería en los estudios de Ingeniería Técnica en Informática, Ingeniería en Informática, Grado en Informática y Postgrado en Informática.

Palabras clave: Robótica; Ingeniería en Informática; Estudios Universitarios; Ley de Reforma Universitaria (LRU); Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).



## **ROBOTICS AS AN INTEGRATION SUBJECT IN THE COMPUTER SCIENCE UNIVERSITY STUDIES. THE EXPERIENCE OF THE UNIVERSITY OF ALMERÍA**

**Abstract:** This work presents a global view of the role of robotics in computer science studies, mainly in university degrees. The main motivation of the use of robotics in these studies deals with the following issues: robotics permits to put in practice many computer science fundamental topics, it is a multidisciplinary area which allows to complete the basic knowledge of any computer science student, it facilitates the practice and learning of basic competences of any engineer (for instance, teamwork), and there is a wide market looking for people with robotics knowledge. These ideas are discussed from our own experience in the University of Almería acquired through the studies of Computer Science Technical Engineering, Computer Science Engineering, Computer Science Degree and Computer Science Postgraduate.

**Keywords:** Robotics; Computer Science Engineering; University Studies; University Reform Law; European Higher Education Area (EHEA).



## LA ROBÓTICA COMO MATERIA INTEGRADORA EN LOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS DE INFORMÁTICA. LA EXPERIENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

*Fecha de recepción: 04/05/2012; fecha de aceptación: 05/11/2012; fecha de publicación: 30/11/2012*

Manuel Berenguel Soria  
[beren@ual.es](mailto:beren@ual.es)  
Universidad de Almería

Francisco Rodríguez Díaz  
[frrodrig@ual.es](mailto:frrodrig@ual.es)  
Universidad de Almería

José Carlos Moreno Úbeda  
[jcmoreno@ual.es](mailto:jcmoreno@ual.es)  
Universidad de Almería

José Luis Guzmán Sánchez  
[guzman@ual.es](mailto:guzman@ual.es)  
Universidad de Almería

Ramón González Sánchez  
[rgonzalez@ual.es](mailto:rgonzalez@ual.es)  
Universidad de Almería

### 1.- INTRODUCCIÓN

La robótica constituye un área de ingeniería centrada fundamentalmente en el estudio y desarrollo de dispositivos o máquinas capaces de realizar varias tareas de forma autónoma y controladas desde sistemas basados en microprocesador.

Antes de entrar en materia sobre el contenido principal de este trabajo, se va a contextualizar la importancia de la robótica a nivel global. La agenda estratégica de investigación para robótica en Europa (EURON y EUROP, 2009), redactada por numerosas empresas, centros de investigación/educación y otro tipo de entidades europeas (ABB, CNRS-LAAS, Comisión Europea, EURON, ESA, EUROP, entre otros), concluye que para que Europa aumente su competitividad frente a países tales



como Estados Unidos, Japón o Corea, se debe potenciar el uso de sistemas robotizados en las industrias europeas, y en general en el resto de sectores a través de la llamada robótica de servicios. De los ocho puntos fundamentales que se proponen (EURON y EUROP, 2009) para potenciar la competitividad de la robótica en Europa, tres de ellos están directamente relacionados con la educación/investigación en robótica (*“Enhance robotics training and education”*, *“Focus on the right research and technologies”* y *“Support cross-fertilisation to maximise the impact of R&D”*). Otro aspecto a tener en cuenta en relación a la robótica es que según las previsiones de la Federación Internacional de Robótica (IFR), se pasará de una adquisición anual de 118000 robots aplicados a la industria en 2010 a casi 167000 en 2014 a nivel mundial (IFR, 2011). En el caso de los robots de servicio el crecimiento previsto es mucho más significativo. Según este informe se pasará de 1 millón de robots adquiridos a nivel mundial aplicados a viviendas a casi 10 millones para el periodo 2011-2014.

En el contexto de la educación en España, la formación en robótica se encuentra en todos los niveles, desde la enseñanza secundaria hasta el postgrado universitario, pasando por la formación profesional y los grados universitarios y másteres. Los contenidos relativos propiamente a robótica se enmarcan en asignaturas de tecnología a nivel de enseñanza secundaria. En relación a los grados universitarios, están asociados a diversas materias tales como sistemas flexibles de fabricación, CAM (*Computer Aided Manufacturing*), control y programación de robots, tecnología de control, automatismos, mecatrónica, microsistemas, automática avanzada, visión artificial, sistema de tiempo real, inteligencia artificial, etc. (CEA, 2011).

En lo que a los estudios universitarios de informática se refiere las cuatro motivaciones básicas para el empleo de la robótica son: (1) la posibilidad de poner en práctica y profundizar en los conocimientos propios del estudiante en informática, tales como: programación (lenguajes de programación de alto y de bajo nivel, interacción con tarjetas de E/S de tipo analógico/digital, optimización de código fuente, etc.), sistemas operativos de tiempo real (manejo de prioridades y excepciones, tolerancia a fallos, etc.), comunicaciones (comunicaciones inalámbricas, buses de campo, etc.), arquitectura de computadores (manejo de sistemas empotrados, microprocesadores de propósito específico como FPGA, DSP, etc.), interfaces de E/S (periféricos avanzados, realidad aumentada, interfaces Humano-Máquina, etc.); (2) completar la formación del alumno en aspectos tales como mecanización de máquinas (estructura mecánica, motores, sistemas de alimentación, etc.) y electrónica (diseño y fabricación de placas electrónicas, corriente continua/alterna, etc.), entre otros; (3) adquisición de



competencias básicas del ingeniero como son (Miller *et al.*, 2008): interés en la ciencia e ingeniería, trabajo en equipo y solución de problemas; (4) demanda laboral de ingenieros con conocimientos en robótica.

En el caso concreto de la Universidad de Almería, la robótica se encuentra reflejada en ciertas materias, dependiendo de los estudios y el curso en donde se enmarquen. Generalmente son asignaturas de carácter optativo en estudios de Ingeniería en las ramas de informática, agrícola o de industriales, y de carácter obligatorio en el caso de los nuevos Grados de Informática e Ingeniería Industrial. A nivel de estudios de postgrado aparecen varias materias en el programa de Doctorado en Informática, en el que se enmarcan el Máster en Informática Industrial, el Máster en Técnicas Informáticas Avanzadas y el Máster en Informática Avanzada e Industrial. También se imparten materias relacionadas con la robótica en el programa de Doctorado en Tecnología de Invernaderos e Ingeniería Industrial y Ambiental, enmarcadas en el Máster en Innovación y Tecnología de Invernaderos.

El área responsable de la gran mayoría de los contenidos de robótica en la Universidad de Almería es la de Ingeniería de Sistemas y Automática. En este sentido, las asignaturas relacionadas con la robótica se encuentran directamente relacionadas con otras materias impartidas por esta área, como son las asignaturas de control automático, sistemas de tiempo real e informática industrial y automatización, entre otras.

A grandes rasgos se puede decir que los estudios de robótica en la Universidad de Almería se centran fundamentalmente en el aspecto de programación de los robots, es decir, en dotar de “inteligencia” a los robots para que consigan realizar de forma autónoma las diversas tareas que se le plantean dependiendo de la aplicación a realizar. Nótese que este asunto constituye uno de los puntos fundamentales a la hora de la aplicación exitosa de robots en condiciones reales de servicio (EURON y EUROP, 2009).

El resto del artículo está organizado del siguiente modo. En la Sección 2 se discute la implicación actual de la robótica en los estudios universitarios de informática. Posteriormente se analiza la experiencia de los autores de este trabajo en materias relacionadas con la robótica en los estudios de informática en la Universidad de Almería. Finalmente se presentan las conclusiones y una discusión.



## 2.- MARCO DOCENTE: LA ROBÓTICA EN LOS ESTUDIOS DE INFORMÁTICA

### 2.1.- Contextualización de la robótica en los estudios de informática

La robótica y la informática han estado siempre muy ligadas en el mundo de la formación. No en vano, de acuerdo con las organizaciones *Association for Computing and Machinery* (ACM) e *IEEE Computer Society* (IEEE CS), la robótica aparece explícitamente dentro de una de las áreas básicas de conocimiento de la informática. Concretamente en el área de Sistemas Inteligentes (ACM e IEEE CS, 2008). Tal y como se observa en el gráfico de la Figura 1, la robótica permite poner en práctica los conocimientos fundamentales de la informática. En particular, los aspectos de las ramas de conocimiento de Fundamentos de Programación, Lenguajes de Programación e Ingeniería del software correspondientes a descriptores ACM como estructuras de datos, diseño de software, verificación y validación de software, son tratados en profundidad a la hora de programar cualquier sistema robotizado. Los aspectos de la rama de Algoritmos y Complejidad con descriptores como algoritmos distribuidos, teoría de autómatas, etc., se aplican, por ejemplo, en sistemas robotizados distribuidos (*swarm robots*) (Parker, 2008). En relación a las ramas de Arquitectura de Computadores e Interacción Humano-Computador, descriptores como, por ejemplo, interfaces de entrada/salida constituyen una herramienta fundamental a la hora de sensorizar un robot o seleccionar los elementos de control del robot. En la rama de Sistemas Operativos, descriptores como sistemas de tiempo real y sistemas embebidos, entre otros, son utilizados en prácticamente todos los sistemas robotizados debido a la necesidad de garantizar los tiempos de computación previstos en el diseño de los algoritmos de control y a las especiales condiciones de trabajo en aplicaciones críticas. La rama de Computación en Red y Comunicaciones también resulta de gran utilidad en aplicaciones robotizadas, especialmente para la comunicación con robots en entornos remotos. Otra rama que encuentra en la robótica una gran aliada es la de Computación visual y gráfica con descriptores como realidad virtual y visión por computador, siendo estos elementos fundamentales en tareas como la navegación y la teleoperación de robots. Las ramas de Gestión de la información y Aspectos profesionales y sociales, con descriptores como modelado de datos, bases de datos y propiedad intelectual, entre otros, también están muy relacionadas con los sistemas robotizados, especialmente en el marco del modelado del entorno que los rodea y en el marco legislativo que los regula.



La idoneidad de la robótica para estudios en Informática se pone de manifiesto en que en la mayoría de universidades, tanto a nivel nacional como internacional, los estudios de informática incluyen materias directamente relacionadas con la robótica. En este sentido, existen numerosas publicaciones discutiendo las experiencias obtenidas. Por ejemplo, en Kumar (2004) se exponen los resultados obtenidos utilizando robots para la enseñanza de inteligencia artificial en el Centro Ramazo de Nueva Jersey, EE.UU. Los conceptos que se tratan de adquirir son: análisis de los algoritmos propios de inteligencia artificial (sistemas expertos, búsqueda mín-máx., búsqueda con poda, etc.) y programación de tiempo real, potenciando al mismo tiempo capacidades tan importantes como el trabajo en grupo (a cada grupo de estudiantes se le asigna un robot Lego Mindstorm® sobre el que tendrán que trabajar). El trabajo de Malec (2001), discute a nivel general sobre el uso de la robótica en la educación y expone las experiencias de los autores en el uso de robots en cursos de Inteligencia Artificial en la Universidad de Lund, Suecia. En este trabajo se pone de manifiesto que aunque en muchos cursos en

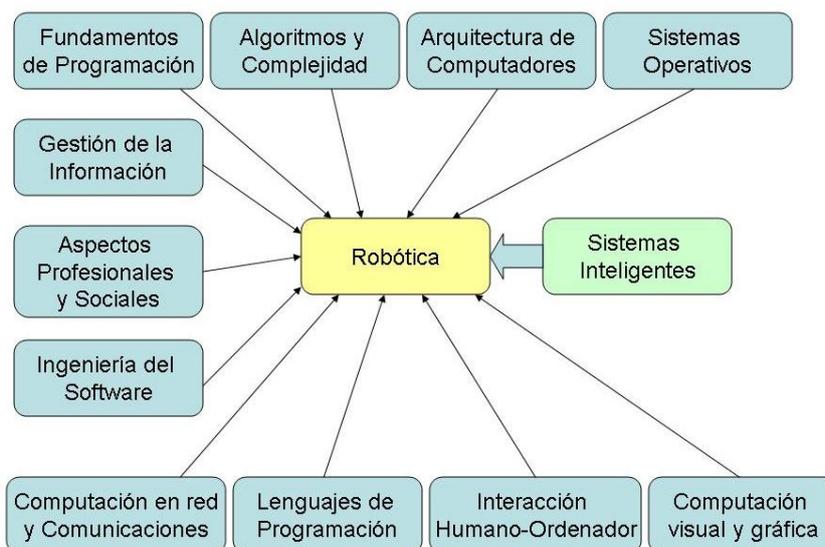


Figura 1. La robótica como materia integradora de las ramas de conocimiento fundamentales de la Informática.

los que se utilizan robots los alumnos quedan muy satisfechos, este hecho debe de ir acompañado de una asimilación de los conceptos para los que se han utilizado los robots. En Beer *et al.*, (1999) se critica el sistema tradicional de enseñanza donde los alumnos son entes pasivos que se limitan a escuchar. En este trabajo se presenta una



asignatura de robótica dentro de los estudios de informática. En ella los alumnos tendrán que fabricar su propio robot así como programarlo. Finalmente se realiza una competición pública, lo que repercute en que los alumnos traten de investigar por su cuenta formas de mejorar sus diseños, programas, etc. lo que lleva a poner en práctica elementos muy interesantes en la educación como el razonamiento crítico y la creatividad. En el trabajo de Gómez-de-Gabriel *et al.*, (2011) se presenta la experiencia obtenida en la enseñanza de una asignatura relacionada con la robótica en estudios de postgrado (concretamente de máster) en la Universidad de Málaga, España. En este caso, debido a los mayores conocimientos de los alumnos, no sólo se les pide que construyan y programen un robot móvil tipo Lego Mindstorm®, además se les plantean escenarios para comprobar la tolerancia a fallos de los sistemas desarrollados. Por lo tanto, los alumnos deben modificar la estructura física y los algoritmos de control de los robots. Hasta ahora la revisión bibliográfica ha presentado experiencias con estudios donde en general se usan plataformas robotizadas reales (p. ej. kits de montaje). Sin embargo, la enseñanza de robótica no sólo se limita al manejo físico de robots, sino que también se encuentran experiencias de la aplicación de la robótica a la docencia a través de laboratorios virtuales, tal es el caso de Candelas *et al.*, (2003). En este trabajo se muestra la importancia de este tipo de herramientas en la enseñanza dado que no se necesita de la presencia física real de un robot.

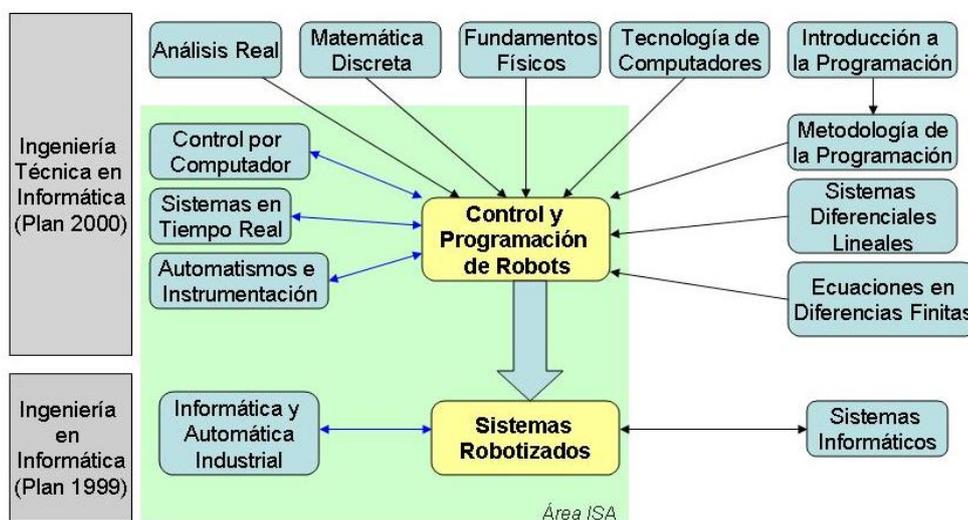
Se propone la lectura del trabajo Miller *et al.*, (2008) para más detalle sobre la enseñanza de la robótica a nivel general. En este trabajo, también se presenta una discusión sobre el papel de los torneos de robots y las plataformas robotizadas más utilizadas en educación. Finalmente, se concluye con una discusión sobre cómo influye en el modelo educativo tradicional la utilización de robots en la aprehensión de conceptos.

## 2.2.- Marco Docente en la Universidad de Almería

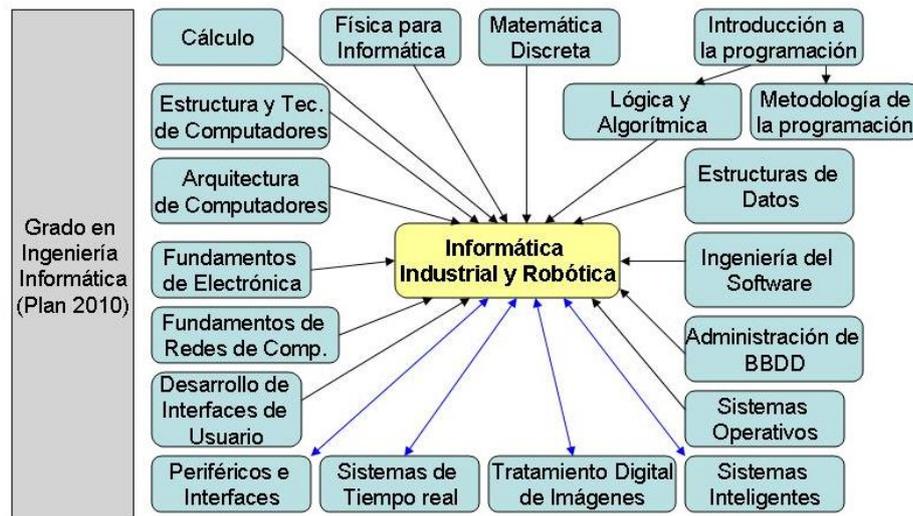
Actualmente en la Universidad de Almería se ofertan cuatro titulaciones relacionadas con la informática: Ingeniería en Informática (Plan 1999) e Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas/Gestión (Plan 2000), las tres en proceso de extinción reemplazadas por el nuevo Grado en Ingeniería en Informática (Plan 2010). En relación a los estudios a extinguir se ofertan las siguientes asignaturas directamente relacionadas con la robótica: Control y Programación de Robots (CPR) y Sistemas Robotizados (SR) (ambas asignaturas con carácter optativo y de 6 créditos LRU). En el nuevo Grado de Informática aparece la asignatura Informática Industrial y Robótica (IIR) (6 créditos



ECTS) con carácter obligatorio para la especialidad de Tecnologías de la Información y con carácter optativo para el resto de especialidades (Ingeniería del Software y Sistemas de Información). En la Figura 2a se muestra la relación de las asignaturas CPR y SR con el resto de materias de las titulaciones de Ingeniería Técnica e Ingeniería Superior en Informática. Es importante remarcar que las asignaturas señaladas con el cuadro verde son impartidas por el área de Ingeniería de Sistemas y Automática y tienen una relación muy directa con las asignaturas de robótica. En este sentido, dichas asignaturas se pueden cursar antes o después de cursar las asignaturas de robótica (nótese flecha de doble sentido). En la Figura 2b se muestra la asignatura IIR dentro del Grado en Informática. En particular, obsérvese la gran disminución, respecto a los anteriores planes de estudios, de asignaturas relacionadas directamente con Robótica (flechas con doble sentido), a pesar de su amplia aceptación dentro del colectivo del alumnado. En cualquier caso, han aparecido nuevas asignaturas con contenidos relacionados con la robótica, tales como: “Desarrollo de Interfaces de Usuario” y “Periféricos e Interfaces”, entre otras. Finalmente, es interesante remarcar que todas las asignaturas incluidas en estas figuras se encuentran dentro de los descriptores relativos a las ramas de conocimiento básicas de la Informática mostradas en la Figura 1.



(a) Ingeniería en Informática (1er y 2º ciclo).



(b) Grado en Informática.

Figura 2. Relación de las asignaturas de robótica con el resto de asignaturas de los planes de estudios de Informática en la Universidad de Almería.

A continuación, se comentan en detalle datos cuantitativos relativos a las asignaturas de robótica en la Universidad de Almería. El número de matriculados en CPR fue de 31 en el curso académico 2007-08 y de 23 en el 2008-09. La media de alumnos de las asignaturas de carácter optativo ofertadas por el Departamento de Lenguajes y Computación (departamento con mayor carga docente en Informática) fue de 30.47 y 29.31, respectivamente. El número de matriculados en SR fue de 28 en el curso académico 2007-08 y de 24 en el 2008-09. La media de alumnos de las asignaturas de carácter optativo ofertadas por el departamento fue de 29.09 y 25.31, respectivamente. Estos datos denotan la buena acogida por parte de los alumnos de las asignaturas relacionadas directamente con la robótica. Además los alumnos mostraron una gran satisfacción con dichas asignaturas, hecho que se deduce de las encuestas de calidad realizadas por la Unidad de Calidad de la Universidad de Almería. Por ejemplo, la puntuación media obtenida por la asignatura CPR desde el curso académico 2005-2006 hasta el curso 2010-2011 es de 4.51 (siendo 5 el máximo) y la puntuación media obtenida por la asignatura SR es de 4.71, la puntuación media obtenida por todas las asignaturas impartidas en la Universidad de Almería es de 3.96.

### 3.- METODOLOGÍA DOCENTE: LA ROBÓTICA EN LOS ESTUDIOS DE INFORMÁTICA EN LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

En esta sección se presentan y discuten las principales experiencias obtenidas en la enseñanza de las asignaturas Control y Programación de Robots y Sistemas Robotizados en los estudios de Ingeniería Técnica en Informática e Ingeniería en Informática, respectivamente. La asignatura Robótica Industrial (RI) del Máster en Informática Industrial, dentro del programa de Doctorado en Informática, es una mezcla de las asignaturas CPR y SR, cubriendo los objetivos fundamentales de ambas asignaturas. Es importante notar que no se requieren requisitos curriculares algunos para poder cursar cualquiera de estas asignaturas.

El marco principal de la asignatura CPR es el de los robots manipuladores. La asignatura SR (2º ciclo de Ingeniería en Informática) revisa los conceptos básicos de robótica de manipulación, siendo el núcleo de la asignatura la robótica móvil.

Los objetivos fundamentales de la asignatura CPR son:

- Introducir al alumno en los conceptos fundamentales de la robótica de manipulación, así como la descripción de sus periféricos, para que sean capaces de analizar, diseñar, programar y utilizar este tipo de sistemas y adaptarse a su evolución.
- Describir las técnicas utilizadas en el control de la trayectoria que debe seguir el robot cuando realiza una tarea.
- Describir las técnicas de control automático utilizadas para el control de los actuadores del robot.
- Describir los métodos de enseñanza de robot, ya sea mediante aprendizaje directo o mediante lenguajes de programación de robots: textuales, a nivel de tareas, etc.
- Dar a conocer los criterios, normas y técnicas necesarias para el diseño y la implementación de células robotizadas para la solución de problemas.

Los objetivos fundamentales de la asignatura SR son:

- Adquirir una base sólida de conocimientos de control en robótica móvil y vehículos autónomos.
- Mostrar la necesidad de la cooperación de robots, tanto móviles como de manipulación y las técnicas que se utilizan para ello.
- Mostrar las técnicas de teleoperación de robots.
- Introducir al alumno en los robots móviles caminantes y sistemas multirrobot.



Un objetivo común a ambas asignaturas y a la asignatura que se impartirá en el Grado en Ingeniería en Informática es mostrar al alumno los ámbitos de aplicación concretos en los que se pueden utilizar el control automático y la robótica en los distintos sectores de producción de la provincia de Almería. En particular, se presentan proyectos concretos de robotización en el ámbito agrícola (robotización de tareas de trasplante, transporte, recolección y postrecolección), industria del mármol, robotización en industrias de envasado e industrias química y cementera.

La docencia se estructura en clases magistrales y sesiones de prácticas en laboratorio. Además, la enseñanza se complementa con material virtual (“Aula Virtual”), tutorías presenciales, foros de debate y seminarios.

Las clases magistrales se centran principalmente en explicar los conceptos teóricos descritos en el programa de la asignatura. Además, durante el transcurso de cada tema se plantean ejercicios que permiten al alumnado trabajar con estos conceptos.

En relación con la parte práctica, se organiza en sesiones por grupos de alumnos, desarrolladas en paralelo a la parte teórica y con una adecuada sincronización, de forma que el alumnado pueda poner en práctica los conocimientos adquiridos en cada módulo de la parte teórica y donde se pretende un comportamiento lo más autónomo posible.

Por otra parte, al iniciar el curso se proponen temas relacionados con la temática de la asignatura para posibles trabajos opcionales organizados en grupos de dos alumnos.

En cuanto a la evaluación, el profesorado realiza el seguimiento continuo del proceso de aprendizaje, anotando los progresos del alumnado. Finalmente se procede a una defensa de las prácticas y ejercicios planteados a lo largo del curso, así como a la presentación del trabajo en grupo desarrollado. Inicialmente, toda esta información anterior es utilizada para componer la nota final de la asignatura y no se plantea un examen escrito con cuestiones sobre teoría y práctica aunque cualquier alumno puede acogerse a él en caso de no seguir la metodología de enseñanza propuesta.

### *3.1.- Simuladores, herramientas interactivas y robots utilizados*

Tanto en las clases teóricas como prácticas se hace un uso intensivo de simuladores y herramientas interactivas con el fin de aclarar los conceptos. Posteriormente se plantean ejercicios prácticos para desarrollar los conceptos explicados en teoría. Finalmente los

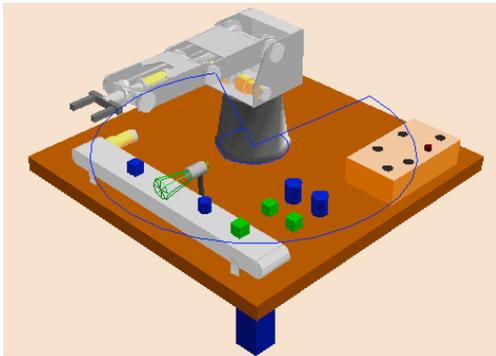


ejercicios implementados en los simuladores y herramientas interactivas se prueban en robots reales.

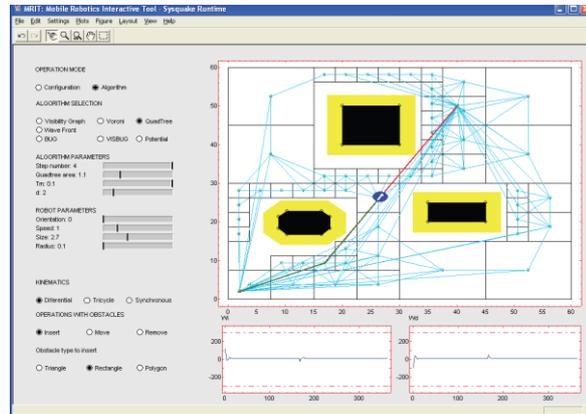
Uno de los aspectos particulares de la docencia en las asignaturas de robótica discutidas en este artículo es el uso de herramientas interactivas. Estos programas están llegando a ser un elemento clave en la enseñanza de materias relacionadas con la ingeniería (Dormido, 2004; Garcia y Heck, 1999). Tradicionalmente los conceptos teóricos se explican a través de presentaciones estáticas basadas principalmente en texto y figuras. Sin embargo, ni el profesor ni los alumnos pueden “experimentar” con las fórmulas y conceptos que se explican. La idea de una herramienta interactiva es que el profesor y el alumnado puedan variar los parámetros que afectan a una fórmula/modelo y en tiempo real se puedan ver los efectos de ese cambio en el resto de variables. De forma general, en el contexto de la educación se puede definir una herramienta interactiva como una colección de ventanas gráficas cuyos componentes son activos, dinámicos y *cliqueables*; dichos elementos tienen como fin explicar un conjunto resumido de conceptos (Guzman *et al.*, 2007).

En particular, las herramientas software empleadas para la explicación de conceptos teóricos y prácticos relativos a las asignaturas CPR y SR son: herramienta de simulación *ER Simulation* (Eshed Robotec, 1994), relativa al robot manipulador Scorbot ER-V (Figura 3a) y la herramienta interactiva MRIT (*Mobile Robot Interactive Tool*) (Guzman *et al.*, 2007) (Figura 3b).

En relación a la parte de robótica de manipulación, se realizan ejercicios típicos de “coger y situar” (*pick & place*) y coordinación de movimientos del robot con elementos periféricos (cinta transportadora, mesa de experimentación) mediante sensores fin de carrera, fotocélulas, etc. Con respecto a la herramienta interactiva MRIT, se utiliza para explicar conceptos relativos a la navegación de robots móviles, en concreto, estrategias de navegación reactiva y navegación basada en mapa (Guzmán *et al.*, 2007).



(a) Simulador del robot manipulador Scorbot ER-V Plus.



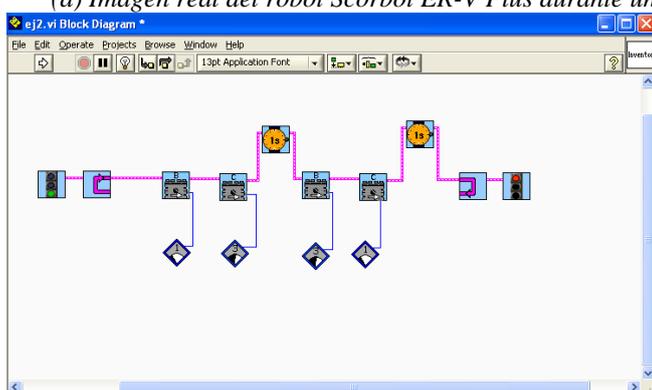
(b) Herramienta interactiva MRIT.

Figura 3. Ejemplos de aplicaciones software utilizadas en la enseñanza de la robótica en la Universidad de Almería.

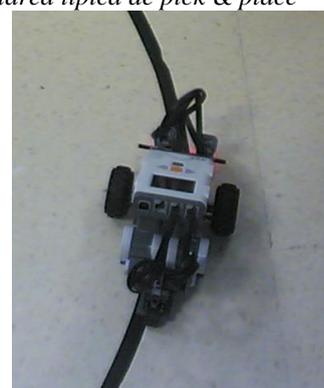
Una vez explicados los conceptos teóricos y tras realizar los alumnos los correspondientes ejercicios utilizando los simuladores y herramientas interactivas, se pasa a las prácticas con robots reales. El robot manipulador utilizado es el robot Scorbot ER-V (Figura 4a) desarrollado por Eshed Robotec®. Este robot manipulador está diseñado específicamente para enseñanza, siendo posible programarlo con una pistola de enseñanza o desde un computador. También permite una fácil integración con otros elementos auxiliares como una cinta transportadora, mesa de experimentación, etc. En relación a las prácticas relacionadas con robots móviles, se utiliza el robot Lego Mindstorm NXT® (Figuras 4b y 4c). Este robot se utiliza en multitud de universidades y centros educativos por su configuración modular, su facilidad para montar diversas estructuras y la gran comunidad que lo soporta (foros, bibliografía, software, etc.). Otro aspecto interesante de este robot es el entorno y lenguaje de programación, aunque inicialmente Lego® proporciona un entorno muy sencillo basado en componentes gráficos (Figura 4b), estudiantes más avanzados pueden programar con lenguajes de más alto nivel como LabVIEW de National Instruments® o Java.



(a) Imagen real del robot Scrobot ER-V Plus durante una tarea típica de pick & place



(b) Entorno de programación del robot Lego NXT



(c) Imagen del robot Lego NXT durante una prueba de seguimiento de líneas

Figura 4. Robots utilizados para la realización de prácticas

### 3.2.- Aula virtual. Sistema de e-Aprendizaje

Junto a las clases magistrales y de las sesiones de prácticas, el alumnado puede hacer uso de una herramienta online habilitada en la Universidad de Almería llamada “Aula Virtual” (Figura 5). Este gestor de contenidos online soportado por la tecnología WebCT® de la compañía Blackboard® se basa en el concepto de e-Aprendizaje. Nótese que este tipo de herramientas de e-Aprendizaje se utilizan cada vez más en la enseñanza, especialmente en la universitaria. El objetivo fundamental del Aula Virtual en los cursos de CPR y SR es el de crear un espacio virtual donde pueda existir una interacción rápida y efectiva entre el profesor y los alumnos y entre los propios

alumnos. Por un lado, aquí se encuentra disponible todo el material de la asignatura (transparencias de clase, prácticas de laboratorio, bibliografía, enlaces web, software, etc.). Por otro lado, dispone de varias herramientas que permiten una fácil comunicación. Quizás la mayor novedad es el uso de foros donde los alumnos y el profesor pueden plantear y resolver dudas surgidas durante las clases o bien plantear debates sobre ciertos aspectos explicados. Por ejemplo, se les plantea a los alumnos actividades de debate sobre robots en la agricultura. En este caso, los alumnos buscan referencias y videos sobre robots aplicados a la agricultura. De acuerdo a nuestra experiencia, este tipo de actividades fomentan un gran interés y motivación de los alumnos por la asignatura, pues son ellos los que buscan proyectos de robots que les interesan y plantean dudas sobre cómo funcionan, cuál es el sistema sensorial de dichos robots, en qué lenguaje de programación se han implementado los algoritmos de navegación y control, etc.



Figura 5. Captura de pantalla del curso virtual desarrollado para la asignatura SR.

#### 4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una visión global del papel de la robótica en los estudios universitarios de informática. En este contexto, la robótica permite poner en práctica conocimientos propios de la informática facilitando la adquisición de competencias básicas de un ingeniero (como por ejemplo la competencia de trabajo en equipo).

Además, debido al carácter multidisciplinar de la robótica permite completar la formación de cualquier estudiante. Posteriormente, se presenta la experiencia obtenida por los autores de este trabajo en el marco de la docencia de materias relacionadas con la robótica en estudios de Ingeniería Técnica e Ingeniería en Informática.

Las principales recomendaciones que proponen los autores derivadas de su experiencia son:

- Completar el sistema tradicional de enseñanza basado en clases magistrales con simuladores y herramientas interactivas para explicar mejor los conceptos teóricos.
- Completar las clases prácticas típicas basadas en simulador+robot real con herramientas interactivas para afianzar primero los conceptos teóricos que se quieren aplicar a la práctica.
- Utilizar herramientas de e-Aprendizaje que fomentan el trabajo autónomo y aumentan el interés y la motivación de los alumnos, puesto que entre ellos pueden debatir ideas, compartir proyectos y solucionar dudas.
- Motivar a los alumnos para que pongan de manifiesto sus conocimientos en concursos locales o nacionales relacionados con la robótica, donde este último punto aporta una motivación extra para ellos y conducen a una mayor profundización en temas que por limitaciones temporales no pueden tratarse en la enseñanza reglada.

Las materias relacionadas con la robótica impartidas en los estudios de informática en la Universidad de Almería tienen una valoración muy positiva. Este hecho no sólo lo demuestran los datos cuantitativos en cuanto al número de alumnos matriculados, sino también el interés que suscita en los alumnos que cursan estas asignaturas (deducido de la realimentación obtenida de ellos, personalmente y a través de las encuestas oficiales de la Universidad) y la puesta en práctica de aspectos tales como el trabajo en equipo.

Además de la docencia reglada de materias relacionadas con la robótica en estudios de Ingeniería en Informática, hay que añadir un elevado número de proyectos fin de carrera defendidos por alumnos que han cursado dichas materias. En este sentido el número de proyectos fin de carrera desde el año 2001 hasta la actualidad ha sido de 20, obteniendo la mayoría de ellos la máxima calificación de Matrícula de Honor.



Otros aspectos que merecen especial mención y que demuestran la motivación de los alumnos en las asignaturas relacionadas con la robótica en la Universidad de Almería son la asistencia a concursos relacionados con la robótica. En concreto, a nivel internacional, destaca en el año 2010 la participación de varios alumnos en el concurso *BEST Agrotech 2.0: Robot challenge reloaded!*, algunos de ellos ganaron la prueba y otros obtuvieron otros premios complementarios. A nivel nacional en el año 2006 varios alumnos de la asignatura de SR participaron en el I Concurso de robots humanoides CEABOT organizado por el Comité Español de Automática y celebrado en Almería. En esta ocasión finalizaron en segunda posición. En el año 2009 otro grupo de alumnos volvió a participar en dicho concurso de nuevo obteniendo buenos resultados. A nivel local, y partiendo como iniciativa de los alumnos de SR, en los años 2001 y 2002 se organizó el concurso CRUAL, donde se realizaron una serie de pruebas con los robots que habían desarrollado y programado en el marco de la asignatura. Al finalizar los concursos los alumnos mostraron un alto grado de satisfacción.

Como reflexión final se resalta que el trabajo presentado en este artículo está avalado por muchos años de experiencia profesional (más de 15 años en algunos casos). La satisfacción obtenida por los alumnos de Informática que han cursado asignaturas relacionadas con la Robótica ha sido siempre muy alta no sólo por la puesta en práctica de habilidades como trabajo en grupo, sino por la mejor comprensión de aspectos fundamentales de la Informática como son la programación, las comunicaciones, etc.

## 5.- BIBLIOGRAFÍA

ACM e IEEE Computer Society (2008). *Computer Science Currículum 2008: An Interim Revision of Compute Science 2001*.

Beer, R. D., Chiel H. J. y Drushel, R. F. (1999). Using Autonomous Robotics to Teach Science and Engineering. *Communications of the ACM*, vol. 42, 6. 85-92.

Candelas, F. A., Puente, S. T., Torres, F., Ortiz, F. G., Gil, P. y Pomares, J. (2003). A Virtual laboratory for teaching robotics. *Internacional Journal of Engineering Education*. vol. 19, 3. 363-370.

CCC & CRA Sponsors (2009). *A Roadmap for US Robotics - From Internet to Robotics*. Disponible online: <http://www.us-robotics.us/reports/CCC%20Report.pdf>



Comité Español de Automática (CEA) (2011). *El Libro Blanco de la Robótica en España*. Disponible online: <http://www.ceautomatica.es/og/robotica/libro-blanco-de-la-robotica>

Dormido, S. (2004). Control learning: present and future. *Annual Reviews in Control*. vol. 28, 1. 115–136.

Eshed Robotic. (1994). *Manual de usuario del Scrobot – ER V*.

EURON & EUROP (2009). *The Strategic Research Agenda for Robotics in Europe*. Disponible online: <http://www.robotics-platform.eu/sra>.

Federación Internacional de Robótica (FIR) (2011). *World Robotics – Industrial Robots, World Robotics – Service Robots*. Disponible online: <http://www.worldrobotics.org/>

García, R. C., Heck, B. S. (1999). Enhancing classical control education via interactive GUI design. *IEEE Control System Magazine*. vol. 19, 3. 35-58.

Gómez-de-Gabriel, J. M., Mandow, A., Fernández-Lozano, J., y García-Cerezo, A. J. (2011). Using Lego NXT Mobile Robots with LabVIEW for undergraduate courses on Mechatronics. *IEEE Transactions on Education*, vol. 54, 1, 41-47.

Guzmán, J. L., Berenguel, M., Rodríguez, F., Dormido, S. (2008). Interactive Tool for Mobile Robot Motion Planning. *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 56, 5. 396-409.

Kumar, A.N. (2004). Three years of using robots in an artificial intelligence course – lessons learned. *ACM Journal on Educational Resources in Computing*. vol. 4, 3. 1-15.

Malec, J. (2001). *Some thoughts on robotics education*. AAAI Spring Symposium on Robotics and Education, Stanford University, March 2001.

Miller, D. P., Nourbakhsh, I. R., Siegwart, R. (2008). *Robots for Education*. Handbook of Robotics, Springer, 1283-1301.

Parker, L. E. (2008). *Multiple mobile robot systems*. Handbook of Robotics, Springer, 921-941.



Para citar el presente artículo puede utilizar la siguiente referencia:

Berenguel Soria, M., Rodríguez Díaz, F., Moreno Úbeda, J. C., Guzmán Sánchez, J. L. y González Sánchez, R. (2012). La robótica como materia integradora en los estudios universitarios de informática. La experiencia de la universidad de Almería. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 13(3), 220-238 [Fecha de consulta: dd/mm/aaaa].  
[http://campus.usal.es/~revistas\\_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/9139/9372](http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/9139/9372)

