

# COMPETICIONES DE MICRORROBOTS COMO PROMOCIÓN DE LA ELECTRÓNICA: ALCABOT – HISPABOT

*Julio Pastor<sup>1</sup> y el resto de miembros de la Organización ALCABOT-HISPABOT<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad de Alcalá. pastor@depeca.uah.es

<sup>2</sup>Universidad de Alcalá. (ver Apartado 10)

## RESUMEN

En este artículo se describe la experiencia organizativa de ALCABOT - HISPABOT, Concurso de Microrrobots organizado por el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá desde 2000. La competición nació con el objetivo de promocionar la Electrónica entre los alumnos de la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá. A lo largo de los años, la participación de los alumnos de la Escuela ha ido aumentando a la vez que la participación de otras Universidades y Centros de Enseñanza Secundaria. La organización de este tipo de competiciones ha demostrado ser un medio muy útil para la promoción de la enseñanza de la electrónica.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años, grupos de investigación dedicados a temas de robótica e inteligencia artificial están utilizando microrrobots (robots de dimensiones pequeñas y de bajo coste) como plataforma para sus experimentos. Este hecho ha dado pie a que en los últimos años estén proliferando competiciones de microrrobots a nivel regional, nacional e internacional con modalidades muy variadas [1], [2], [3], [4], [5] donde cada grupo presenta sus avances.

En los últimos años, en España, se ha ido promocionando el diseño de microrrobots mediante la organización de diferentes competiciones locales y nacionales organizadas por asociaciones de estudiantes y departamentos universitarios. [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]

En octubre de 1999, profesores del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá (UAH) decidieron promover el diseño de microrrobots entre sus estudiantes organizando una competición de microrrobots que se le dio el nombre de ALCABOT [12].

Con la intención de promocionar la microrrobótica a nivel nacional e internacional, se organizó HISPABOT con una doble vertiente: por un lado como una competición nacional donde participaran los mejores representantes de cada centro participante; y por otro lado, como un seminario bianual de investigación centrado en el tema de los microrrobots.

## 2. OBJETIVOS INICIALES

El objetivo principal que llevó a un grupo de profesores del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá a organizar la primera edición de ALCABOT y las ediciones posteriores fue el de promover el diseño de microrrobots entre los estudiantes de Ingeniería de la Universidad de Alcalá con la intención de que pusieran en práctica los conocimientos aprendidos en diferentes asignaturas.

A este objetivo principal se le fueron añadiendo en años posteriores los siguientes:

- Promover la creación de un foro de discusión en el campo de los robots autónomos (en sus diferentes aspectos), en el que puedan participar especialistas procedentes del mundo universitario, centros de investigación, empresas, etc.
- Presentar los últimos avances dentro del campo de los robots autónomos.
- Acercar la universidad en sus dos vertientes (docencia e investigación) a los estudiantes no universitarios, al entorno industrial y al público en general.
- Ayudar a la promoción de la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá estrechando las relaciones con los centros no universitarios en su área de influencia.
- Abrir el cerco a la participación en competiciones internacionales

Todos estos objetivos se han ido consiguiendo poco a poco en las ediciones sucesivas del concurso.

### **3. ALCABOT E HISPABOT**

ALCABOT nació con la intención de fomentar el diseño de microrrobots en la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá realizándose su primera edición en mayo de 2000 donde participaron también robots de otras universidades. En ALCABOT 2001 y ALCABOT 2002 aumentó la participación, tanto en el número de robots de la Universidad de Alcalá como en el número de Universidades y Centros de toda España participantes.

Con la intención de difundir más aún el diseño de microrrobots por todo el territorio nacional se organizó en abril de 2001, coincidiendo con ALCABOT 2001, un comité formado por profesores de diferentes Universidades con la intención de fomentar la participación en una competición Nacional llamada HISPABOT, que fuera cambiando de una universidad a otra, y en la que participaran los mejores robots tras haber sido seleccionados localmente.

Además se creó un seminario – congreso de investigación centrado en el área de diseño de microrrobots que sirviera de intercambio de conocimientos para especialistas y personas interesadas en el tema.

En abril de 2003 se organizó ALCABOT 2003 como prueba local de selección de los tres mejores robots de la Universidad de Alcalá que participarían en HISPABOT 2003 celebrado en fechas consecutivas también en la Universidad de Alcalá. También se organizó la primera edición del seminario - congreso de investigación.

Al no haber candidatos para organizar la segunda edición de HISPABOT en 2004, el Departamento de Electrónica tomó la decisión de organizar también esta segunda edición del concurso HISPABOT dejando el seminario – congreso para ser celebrado bianualmente.

### **3 - PLANTEAMIENTOS INICIALES**

Cuando se plantea la organización de una competición de microrrobots en un Centro Universitario donde no hay ningún conocimiento al respecto, el primer objetivo es dar a conocer qué son los microrrobots, cómo se puede construir uno y, lo más importante, dar la confianza y la motivación suficiente a los alumnos para que se animen a construir su primer microrrobot. Una forma de conseguirlo es mediante la organización de charlas divulgativas

sobre el tema organizadas por alumnos y/o profesores. En la Escuela Politécnica de la UAH tuvimos la dificultad añadida de no existir asociaciones de alumnos en ese momento que colaborara en la iniciativa por lo que casi todo el trabajo se realizó por profesores del Departamento de Electrónica.

El segundo problema es decidir las pruebas que formarán la competición. En ALCABOT se plantearon pruebas relativamente sencillas en un principio con la idea de que pudiera participar el mayor número de personas. En ediciones posteriores, las normativas se han ido complicando debido a que, al haber ya conocimientos previos, se van mejorando los diseños. Además, los participantes de ediciones anteriores suelen motivarse con un reto algo más complicado.

En HISPABOT se adoptaron las mismas pruebas que los años anteriores de ALCABOT aunque con un poco más de complejidad.

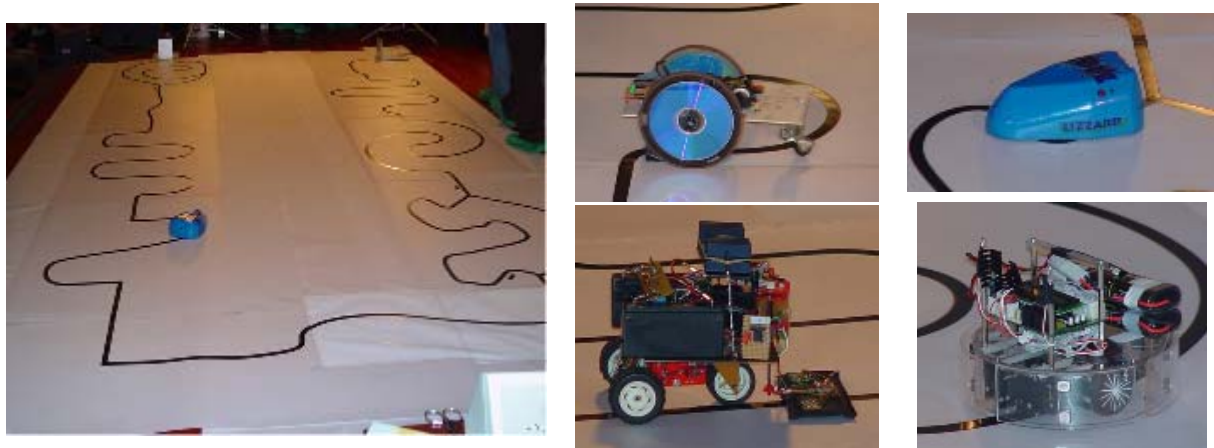
#### 4 - LAS PRUEBAS

En la historia de ALCABOT - HISPABOT se han organizado hasta seis pruebas diferentes [15]: rastreadores, velocistas, laberinto, sumo, prueba libre o de habilidad y prueba de selección para participar en la competición internacional Eurobot [1].

##### 3.1. Rastreadores

En esta prueba, los robots tienen que ir siguiendo una línea negra sobre fondo blanco bastante sinuosa. Gana aquél que no pierda la línea y que realice el recorrido en el menor tiempo posible.

En la primera edición de ALCABOT, la pista era una única línea sinuosa, en la segunda edición, la línea tenía bifurcaciones señalizadas con una marca indicando el camino más sencillo. En las ediciones posteriores, además de tener las bifurcaciones y las marcas se cambió la forma de puntuar penalizando a los robots que no siguieran correctamente las bifurcaciones señalizadas (*Figura 1*). Ganaba, por tanto, el robot que menos puntos de penalización tuviera, y en igualdad de puntos, el más rápido. Esta modalidad de competición se mantiene en las ediciones de HISPABOT celebradas hasta la fecha.



*Figura 1: Pista y robots rastreadores*

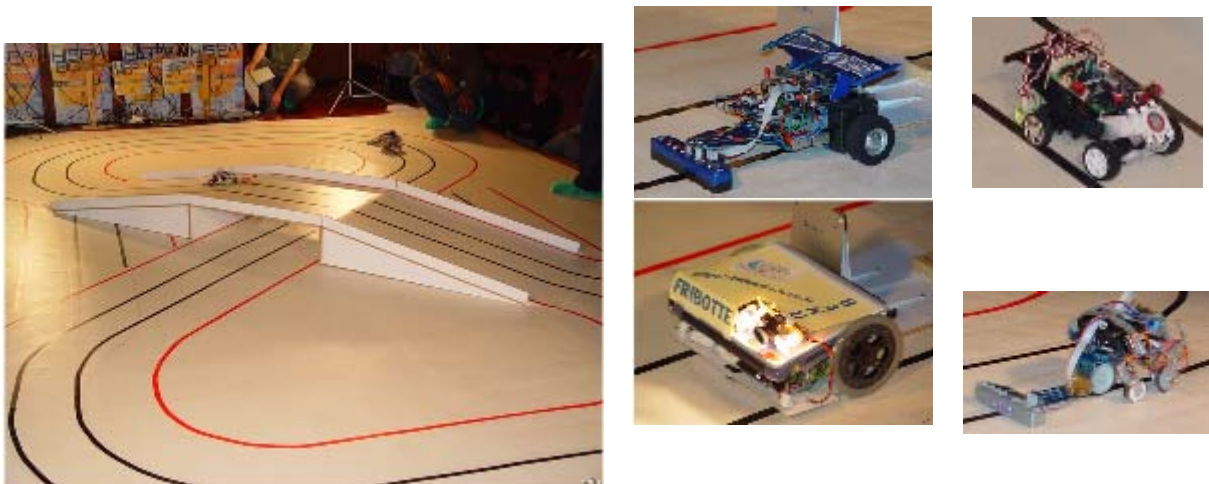
En esta prueba se ha pretendido siempre valorar el robot que siga con más precisión y velocidad un camino dándole las indicaciones necesarias para ello.

### 3.2. Velocistas

Sobre un circuito de velocidad similar a una pista de atletismo marcado por dos líneas negras paralelas sobre fondo blanco, compiten dos robots que comienzan colocados en meta y en contrameta girando en el mismo sentido persiguiéndose. La prueba la gana aquél robot que alcanza a su contrincante.

La prueba de velocistas, además de ser bastante espectacular cuando los robots son buenos, tiene como ventaja que permite la participación de robots complejos que aprovechen toda la pista para moverse como a sencillos robots que sólo van siguiendo una línea. Esta prueba es muy útil para facilitar la incorporación de nuevos participantes.

En las diferentes ediciones, las normativas no se han modificado significativamente a excepción del radio de giro mínimo que se ha ido reduciendo paulatinamente con la intención de hacer que la pista tenga rectas más largas y curvas más cerradas aumentando la dificultad para los robots más competitivos. Con HISPABOT se introdujo la novedad de incorporar una rampa para permitir cruces a diferentes niveles.



*Figura 2: Pista de velocidad de HISPABOT 2003 y robots velocistas*

### 3.3. Laberinto

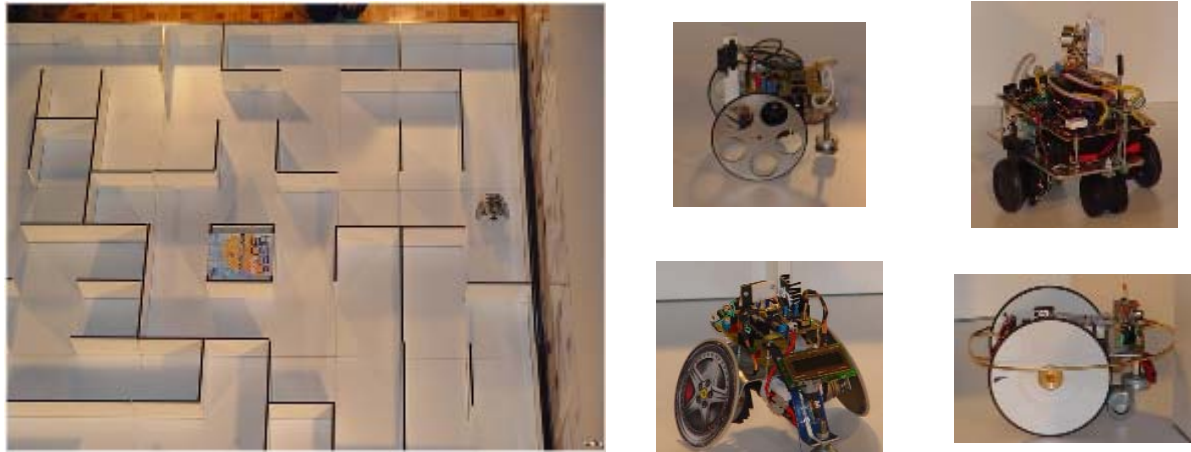
Los robots tienen que encontrar la salida de un laberinto construido en madera de 4x4 m<sup>2</sup> con calles de 40 cm de ancho. Los robots tienen que salir del laberinto en el menor tiempo posible.

En todas las ediciones, el laberinto ha sido siempre conocido de antemano con la intención de bonificar a aquellos que implementen algoritmos de posicionamiento.

En las dos primeras ediciones, existía una entrada y una salida en sitios desconocidos a priori lo que posibilitaba la salida del laberinto con sólo seguir las paredes. En las siguientes ediciones los robots comenzaban en puntos desconocidos del interior y debían encontrar la

salida. Con algoritmos sencillos de seguimiento de paredes no se podía salir exigiendo que los robots dispusieran de algún sistema de orientación y posicionamiento.

En HISPABOT 2004 se ha introducido la novedad de la existencia de una salida penalizada negativamente con un incremento del tiempo total, y con la posibilidad de conseguir una bonificación de tiempo por introducir una pelota de tenis de mesa en el centro del laberinto.

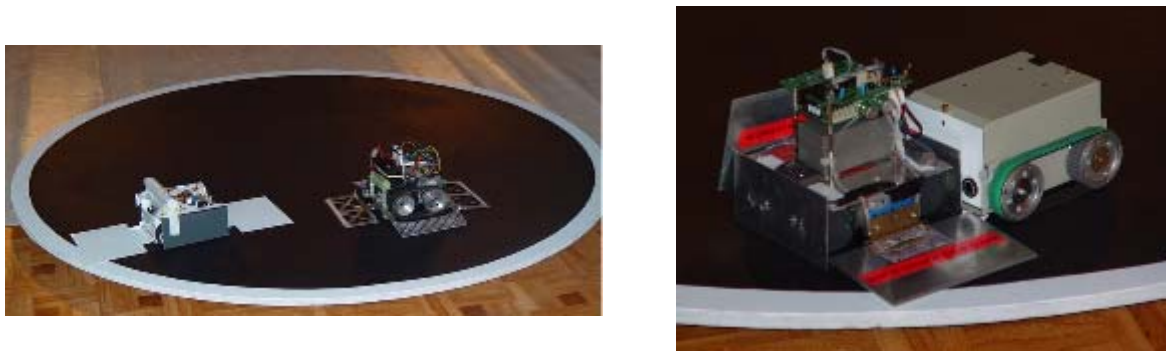


*Figura 3: Laberinto HISPABOT 2003 y robots participantes*

### 3.4. Sumo

Dos robots compiten entre sí sobre una tarima de madera circular de 175cm de diámetro al mejor de tres combates. Cada combate es ganado por el robot que sea capaz de empujar al contrincante sacándolo de la tarima. Los robots tienen dimensiones y pesos máximos que no pueden superarse.

Esta prueba llevaba organizándose varios años en otras Universidades y en ALCABOT se introdujo a partir de la segunda edición. Esta prueba es la más espectacular con diferencia exigiendo altas prestaciones en los robots para ser competitivos.



*Figura 4: Pista de sumo y robots compitiendo*

### 3.5. Prueba libre o de habilidad

El objetivo de esta modalidad es premiar las habilidades de los concursantes para resolver mediante microrrobots móviles, pruebas libremente seleccionadas por ellos mismos. Se valora: la originalidad del modo de resolución de un problema con microrrobots móviles, incluyendo la dificultad intrínseca del mismo y la economía de medios empleados; aspectos técnicos de la arquitectura del microrrobot y del entorno de demostración; funcionamiento fiable y repetitivo; y la demostración impactante y completa.

Esta prueba se introdujo con la intención de dar la posibilidad a los participantes a que pongan en práctica su imaginación planteando soluciones y habilidades innovadoras. Las normativas no han cambiado desde que se introdujo en la segunda edición de ALCABOT.



Figura 5: Robots de la prueba de habilidad en HISPABOT 2003

### 3.6. Clasificación para Eurobot

En la tercera edición de ALCABOT se introdujo un premio especial para los robots que participaran dentro de la prueba de habilidad siguiendo las normativas de Eurobot [1] para posteriormente participar en la Copa de Europea de Robots en representación de España. La intención fundamental fue promocionar la participación en competiciones internacionales.

En HISPABOT se ha introducido esta prueba con entidad propia con la intención de incentivar aún más la participación.

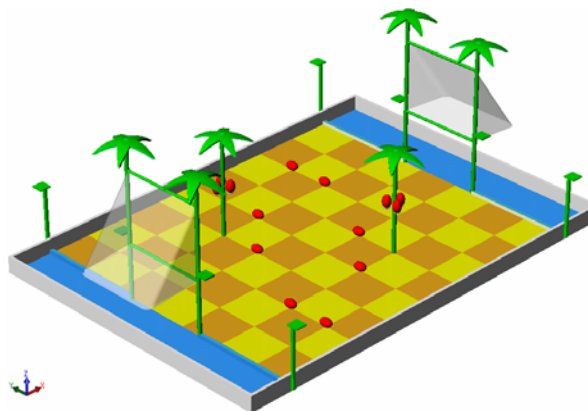


Figura 6: La prueba de EUROBOT 2004 se denomina "Rugby del Coco"

#### 4. MEJORA DE CALIDAD

Con la intención de ayudar a la mejora de los microrrobots realizados en diferentes ediciones y al intercambio de conocimientos entre los participantes, en las primeras ediciones se solicitó a los grupos participantes la elaboración de un documento técnico y un póster relacionados con sus robots.

El documento técnico tenía dos objetivos: por un lado hacer que los alumnos tengan la oportunidad de explicar el trabajo que han realizado, y por otro, dejar pública esta información para que sea utilizada por las siguientes promociones de forma que les ayude en el diseño de sus microrrobots. Los documentos técnicos se han ido recopilado en CD-ROMs que se han entregado a los participantes además de estar disponibles en la página web [16]

Los pósters tienen el objetivo de explicar la tecnología utilizada por los robots promoviendo el diálogo entre participantes y dando a conocer el funcionamiento de los microrrobots al público asistente a las competiciones.

#### 5. EVOLUCIÓN DE PARTICIPACIÓN

Desde la primera edición, la participación en la competición ha ido aumentando así como la calidad de los robots presentados. En la *Tabla 1* se presenta un resumen de los datos de las diferentes ediciones de ALCABOT. En los datos referentes al 2003 se han agrupado los datos de participación de la UAH en ALCABOT y la participación de otros Centros en HISPABOT con un máximo de tres robots por prueba y Centro.

	ALCABOT 2000	ALCABOT 2001	ALCABOT 2002	ALCABOT HISPABOT 2003
Participantes	60	187	300	185 + 145
Universidades	4	12	17	24
Institutos	1	3	3	2
Microrrobots	24	122	178	100 + 95

*Tabla 1: Evolución de la participación*

#### 6. MODELO ORGANIZATIVO

Organizar una competición de microrrobots de ámbito nacional es un trabajo muy laborioso que requiere mucho tiempo y el esfuerzo de un gran equipo de trabajo.

No sólo consiste en especificar las normativas de las pruebas, sino que también hay que motivar a los estudiantes y animarles a participar, conseguir financiación (premios, ayudas de viaje, becas, etc.), realizar una buena campaña publicitaria, hacer una buena puesta en escena, organización de actividades complementarias (exposiciones, ciclos de conferencias, etc.), ...

En las dos primeras ediciones de ALCABOT, el comité organizador estuvo formado por profesores del Departamento de Electrónica (UAH) que cedieron gran parte de su tiempo

gratuitamente así como por alumnos que fueron becados para colaborar en la organización realizando tareas concretas. También participaron colaboradores profesionales a los que se pagó por sus servicios.

En las ediciones siguientes se optó por eliminar a los alumnos becados y solicitar la ayuda desinteresada de los alumnos de la Escuela Politécnica con la intención de hacer ver que ALCABOT es algo en lo que todos pueden y deben aportar su grano de arena. Este modelo se utiliza en competiciones internacionales con varios años de experiencia como Eurobot donde existe una gran cantidad de personas dispuestas a colaborar y a aportar su granito de arena. Este modelo tiene como ventaja que el esfuerzo organizativo está mucho más repartido, pero requiere conseguir y organizar a todo el equipo humano de colaboradores. En HISPABOT también se ha utilizado este modelo.

## **7. APORTACIÓN A LA DOCENCIA UNIVERSITARIA**

La realización de competiciones de microrrobots como actividad extra-académica es muy interesante para la formación de ingenieros. Como principales aportaciones a la docencia universitaria se pueden citar las siguientes:

### ***Puesta en práctica de conocimientos adquiridos***

En enseñanzas técnicas como Ingeniería de Telecomunicación, Industrial, Electrónica o Informática, existen gran cantidad de asignaturas cuyos conocimientos se ponen en práctica en el diseño de microrrobots. Al no haber asignaturas específicas de diseño de microrrobots, los alumnos deben poner en práctica lo aprendido en diferentes asignaturas, relacionando sus contenidos y aplicándolo a un diseño propio no guiado.

### ***Motivación del alumno de cursos intermedios***

Debido a que una competición de microrrobots es muy atrayente para un estudiante interesado en temas técnicos, es interesante observar el efecto que provoca en alumnos de primeros cursos al comprobar lo que compañeros suyos, de cursos más avanzados, han conseguido realizar. Se ha dado el caso de estudiantes de segundo curso de Telecomunicaciones que se han animado a diseñar su propio robot basándose en apuntes de compañeros de cursos posteriores, logrando un avance significativo en su aprendizaje al ir adelantando conocimientos de forma autodidacta.

### ***Trabajo en equipo***

Los alumnos suelen formar grupos de trabajo en el diseño de microrrobots lo que ayuda a fomentar el trabajo en grupo. Al ser una actividad voluntaria, todos los miembros del grupo participan activamente. Pueden incluso formarse grupos de estudiantes de diferentes titulaciones donde cada uno aporta sus conocimientos específicos contribuyendo al enriquecimiento general del grupo.

### ***Autoconfianza del alumno***

Cuando un alumno se plantea el reto de construir un microrrobot, parte de una situación en la que tiene conocimientos para afrontar en gran medida el problema pero con ciertas lagunas. Es por ello que debe preocuparse por buscar información adicional en libros, Internet, etc. y preguntar a compañeros y profesores. Cuando con toda esta información consigue construir su robot con éxito, incrementa su autoconfianza al haber llevado a la práctica un problema



complejo aún sin haber tenido una formación específica para ello. Esta autoconfianza le será de gran utilidad en su futuro profesional.

### ***Contacto con el mundo empresarial***

En países donde las competiciones de microrrobots están más arraigadas, las empresas suelen apoyar a los grupos de estudiantes en el diseño de sus microrrobots bien con aportaciones económicas para la compra del material o con ayudas técnicas puntuales.

Por un lado, las empresas son conocidas dentro del ámbito de los jóvenes ingenieros, con lo cual logran publicidad de sus productos, y por otro, las empresas se ponen en contacto con alumnos que pueden ser contratados como nuevos trabajadores.

Por otro lado, también se ha ido introduciendo el uso de microrrobots con fines directamente docentes en asignaturas de control, sistemas digitales basados en microcontrolador, inteligencia artificial, etc.

## **8. APORTACIÓN A LA DOCENCIA NO UNIVERSITARIA**

ALCABOT – HISPABOT no sólo están abiertos a la participación de estudiantes universitarios sino que también pueden participar estudiantes de Bachillerato, Ciclos Formativos y aficionados.

Para un adolescente con afición a la tecnología, a las maquetas, y a las construcciones modulares, el diseñar un microrrobot puede convertirse en un reto que le permitirá introducirse en el mundo de la informática y la electrónica.

Los niños y jóvenes tienen gran capacidad para aprender nuevos conocimientos que parecen pertenecer al ámbito universitario que con ayuda de profesores cualificados podrían desarrollar convenientemente. En las diferentes ediciones de ALCABOT – HISPABOT han participado estudiantes de diferentes Institutos de Enseñanza Secundaria logrando resultados muy aceptables.

En otros países [5][17] se organizan competiciones de microrrobots de ámbito nacional orientadas sólo a estudiantes no universitarios. Estas competiciones tienen como principal objetivo fomentar entre los jóvenes la afición a la tecnología.

El diseño de microrrobots también puede ser tomado como un hobby para aficionados a la electrónica y la informática. Con la organización de competiciones de microrrobots y seminarios de robótica, la universidad contribuye al incremento en los conocimientos técnicos de la sociedad.

## **9. CONCLUSIONES**

La evolución de la competición de microrrobots organizadas en la Universidad de Alcalá ALCABOT – HISPABOT en sus cinco años de existencia ha demostrado que el diseño de microrrobots es una actividad muy interesante para ser incorporada en la docencia universitaria y no universitaria ya que motiva a los alumnos a ir más allá de los libros y prácticas de laboratorio.

## 10. COMITÉ ORGANIZADOR DE ALCABOT

En sus diferentes ediciones han pertenecido al Comité Organizador de ALCABOT - HISPABOT las siguientes personas: Manuel Mazo, Jesús Ureña, Julio Pastor, Luis Miguel Bergasa, Fco. Javier Rodríguez, José Luis Lázaro, Juan Jesús García, Alfredo Gardel, Álvaro Hernández, Miguel Ángel Sotelo, Juan Carlos García, Pedro Revenga, José Manuel Villadangos, Santiago Cóbreces, Daniel Pizarro, Marisol Escudero, Marta Marrón, Ana de Andrés, Rafael Barea, Felipe Espinosa, Almudena López, Ignacio Bravo, Ernesto Martín, José Luis Martín, Sira Elena Palazuelos, Emilio Bueno, Oscar Esteban, Miguel A. García y Manuel Ocaña.

Además han colaborado como becarios o personal de apoyo los alumnos Pedro Jiménez, Jesús Nuevo, Alberto Sagredo, José Manuel Delgado, Virginia Martín, J. A. Castelbón, I. San Antonio, S. Escudero, A. Valdaliso, G. Virgos, J. Polo y C. Manzanedo.

Como personal técnico, de administración y puesta en escena: María José Iglesias, Julia Díaz, Cristina Gentino, Manuel Esteban, Adoración Espinosa, Jesús Retuerta, Fernando de la Torre, Alfonso Marcos, Javier Barchín y Alfonso Bedmar.

## 11. AGRADECIMIENTOS

La organización de ALCABOT se ha llevado a cabo gracias al patrocinio del Vicerrectorado de Extensión Universitaria de la Universidad de Alcalá así como de diversas empresas a las cuales se agradece su participación. Estas empresas son: Omron, Siemens, Telefónica, FCC Construcción S.A., Logitel, Amilco, BSCH, Aprimatic, eBrain, Nokia, Canon, Asti y Caja de Madrid.

Se agradece también la colaboración de alumnos y profesores no pertenecientes directamente a la organización que han puesto su granito de arena para ayudar a la organización de las competiciones así como a la Delegación de Alumnos de la Escuela Politécnica (UAH) por la ayuda prestada cuando se les ha solicitado.

Por último se agradece la acogida que este evento ha tenido en sus diversas ediciones entre los alumnos de la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá así como de alumnos de otras muchas Universidades de España.

## 12. REFERENCIAS

- [1] - Competición Internacional de robots Eurobot (<http://www.eurobot.org>)
- [2] - Federation of International Robot-soccer Association – FIRA (<http://www.fira.net>)
- [3] - Autonomous Robot Design Competition 6.270 (MIT) (<http://web.mit.edu/6.270/>)
- [4] - International Robot Olympiad RoboLeague - IROC (<http://www.iroc.org>)
- [5] - For Inspiration and Recognition of Science and Technology – FIRST (<http://www.usfirst.org>)
- [6] - ChampionBot (<http://www.sia.eui.upm.es/championbot>)
- [7] - Club de Mecatrónica – UAM ( <http://www.ii.uam.es/~mecatron/>)
- [8] - AEES Rama de Estudiantes del IEEE - E.T.S.T. UPC ([http://aess.upc.es/robotica\\_cast.htm](http://aess.upc.es/robotica_cast.htm))
- [9] - Club de Robótica Autónoma - Escuela Universitaria Politécnica de Mataró (<http://www.eupmt.es/cra/>)
- [10] - Universidad de Deusto (<http://www.eside.deusto.es/asignaturas/arq/>)
- [11] - Universidad de Girona (<http://iia.udg.es>)
- [12] – ALCABOT - Universidad de Alcalá (<http://www.alcabot.uah.es>)
- [13] - Robolid (<http://www.eis.uva.es/amuva/>)

- [14] - CyberTech – ETII – UPM (<http://www.disam.upm.es/cybertech/>)
- [15] – Pruebas de HISPABOT (<http://www.hispabot.org>)
- [16] - CDROM - Alcabot'2001 y 2002 <http://www.alcabot.uah.es>
- [17] – Le Trophées - Planete Sciences (<http://www.planete-sciences.org/robot/concours/trophees/trophees.html>)
- [18] - J. Pastor y Comité de ALCABOT “ALCABOT: Competición de Microrrobots de la Universidad de Alcalá”. *CD-ROM de Actas del I Seminario y Concurso Nacional de Microrrobots HISPABOT 2003*(ISBN 84-8138-560-3), Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, Abril de 2003