

LA ROBÓTICA COMO ELEMENTO DE MOTIVACIÓN DEL APRENDIZAJE EN LOS ALUMNOS DE INGENIERÍA Y POTENCIACIÓN DE HABILIDADES PROFESIONALES

J. PASTOR, F. J. RODRÍGUEZ

Departamento de Electrónica. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid). España.

El diseño de pequeños robots móviles y la participación en competiciones nacionales e internacionales se está utilizando en muchos países, además de para transmitir conocimientos técnicos, cómo medio para fomentar la motivación de los alumnos en sus estudios. En el presente artículo se presentará el estudio que se está realizando entre los antiguos participantes de una competición de robótica organizada por el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá (ALCABOT – HISPABOT) que pretende constatar, siguiendo un método científico, que la participación en estas competiciones no sólo es bueno para su desarrollo académico sino también para su desarrollo personal y profesional al potenciar habilidades personales que son valoradas en el mundo empresarial.

1. Introducción

Desde mayo de 2000 el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá organiza una competición de robots móviles realizados principalmente por alumnos universitarios de ingeniería con gran participación denominada ALCABOT – HISPABOT [1][2][3].

Tras observar el gran acogimiento por parte de los alumnos y la trayectoria académica y profesional que algunos participantes han tenido, se ha iniciado un estudio formal que intenta analizar la influencia que la participación en la competición ha tenido en su vida académica y profesional desde el punto de vista de la formación técnica y en el desarrollo de habilidades personales que le hayan sido útiles en su vida profesional. En el presente artículo se presenta la planificación del estudio.

El artículo comienza con una visión de la utilización de la robótica móvil en la enseñanza universitaria y del uso de las competiciones de robots como objetivo y medio de motivación. También se comentan algunas de las aportaciones que la participación en estas actividades conlleva para los estudiantes universitarios y se presenta la planificación de un estudio que pretende analizar en profundidad las implicaciones que los antiguos participantes piensan que ha tenido en su vida académica y profesional.

2. La robótica móvil en la enseñanza universitaria

Cuando se habla de robótica es necesario distinguir entre la robótica industrial centrada en el estudio de robots manipuladores y la robótica enfocada al diseño de robots móviles autónomos. La primera lleva estudiándose desde los años 50 [4] y forma parte actualmente del tejido industrial de los países desarrollados principalmente en cadenas de montaje, fábricas de automóviles, etc.

Por robot móvil se entiende una máquina con capacidad para desplazarse de un sitio a otro de forma telecontrolada o autónoma con el objeto de realizar una tarea para la cual ha sido diseñado que dispone de un sistema sensorial, un sistema de locomoción y un sistema electrónico de control y un sistema de alimentación. Con el sistema sensorial capta información propia del robot (posición de los mecanismos, velocidad de las ruedas, etc.) e información del entorno (distancias a objetos, posicionamiento, imágenes, etc.) necesaria para su movimiento y percepción del entorno. El sistema de locomoción le permite moverse y puede estar basado en ruedas, patas o estructuras ápodas (por ejemplo que simulan el movimiento de las serpientes).

Dependiendo del nivel de autonomía del robot y las características de la tarea a realizar, el sistema de control será más o menos complejo. Por último, el sistema de alimentación es el encargado de generar la energía necesaria para el funcionamiento del robot siendo un factor muy importante en su autonomía.

Los robots móviles comenzaron a diseñarse en los años sesenta para aplicaciones espaciales con presupuestos desorbitados. Debido al abaratamiento del hardware y al aumento de la potencia de cálculo de los ordenadores de los últimos años, el diseño de robots móviles ha ido aumentando exponencialmente desde los años noventa apareciendo últimamente utilizados en aplicaciones domésticas (aspiradoras, cortacésped, etc.), aplicaciones militares (detectores de minas, inspección, etc.), aplicaciones industriales (transporte de mercancías, vigilancia, etc.) y sociales (robots asistenciales, mascotas, etc.).

También en los últimos años se ha introducido el diseño de robots móviles autónomos en la enseñanza a diferentes niveles y, siguiendo este desarrollo, comenzaron a organizarse competiciones de robots que servían para dar un objetivo a ese diseño. Por ejemplo, la RoboCup (competición de fútbol robótico) [5] nació asociado a un congreso de investigación centrado en la inteligencia artificial y está sirviendo para el desarrollo de tecnologías que luego se utilizan para otras áreas de conocimiento.

En esta línea hay multitud de experiencias universitarias que orientan las asignaturas de últimos cursos a diseñar un robot para participar en una competición añadiendo un elemento motivacional muy importante a la actividad. Por ejemplo, en [6] se presentan dos experiencias en las que participan alumnos senior y master de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, de Ingeniería de Gestión e Informática centrada en el diseño de un equipo de fútbol robótico para competir en la RoboCup. En [7] se presenta otra experiencia donde los alumnos participan en la competición “Hors s’Oeuvres, Anyone?” que consiste en diseñar un robot que sirva los aperitivos (AAAI’s Robot Competition) basado en los Pioneer y Nomad. En [8] también se presenta una experiencia de realización de robots para la robocup con alumnos de último año de Ingeniería de la Información, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica. Y en [9] se presenta una asignatura de cuarto curso del Osaka Prefectural Collage of Technology donde los alumnos tenían que hacer una orquesta formada por robots que tocaran unos instrumentos musicales.

El diseño de robots móviles también se utiliza en enseñanzas más básicas de grado como elemento de integración de conocimientos y de motivación para los alumnos. Como ejemplo se puede citar el caso de [10] que incorpora el diseño de robots en el currículo de Ingeniería Electrónica. En [11] se presenta un curso práctico de diseño de robots en el primer curso para introducir conceptos que se estudiarán en otras asignaturas y para introducirse en el diseño de ingeniería. En [12] se introduce el diseño de robots en un laboratorio de medidas de primer curso tras algunas prácticas de medidas así como en otros muchos laboratorios del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Texas. En [13] se presenta un curso de introducción a la Ingeniería Eléctrica e Informática para el primer curso en el CMU y se analizan las características con que los estudiantes actuales vienen a la universidad, los objetivos del curso, la orientación de los contenidos y los contenidos teóricos y prácticos. En [14] se comenta que las Universidades de de Massey y Waikato de Nueva Zelanda han introducido la titulación de Mecatrónica y dentro del currículum y competiciones de robots en las asignaturas donde hay que realizar proyectos (en primer, segundo y tercer curso).

Como ejemplo también se puede hablar de la competición europea Eurobot [15] en la que, en la edición de 2006, participaron más de 60 equipos en la final y más de 150 en las pruebas clasificatorias. Los equipos están formados por estudiantes universitarios de toda Europa que realizan su robot en el marco de alguna asignatura orientada a proyectos o como actividad extracurricular.

En [16] se presenta todo un estudio universitario organizado en torno a la realización de robots para la RoboCup y de todas las disciplinas que aparecen alrededor. Los autores plantean la educación basada en el desarrollo de proyectos.

También el diseño de robots se ha estado introduciendo en los estudios no universitarios como elemento para fomentar la afición por la tecnología de una forma amena y divertida. Para esta actividad hay competiciones especialmente diseñadas como la RoboCup Junior [5], FIRST [17] [18], Robo Festa [6] [14] [19], Eurobot Junior [15], etc.

En España también hay competiciones de robots orientadas a estudiantes universitarios [20][21][22][23][24] y no universitarios [25][26] así como actividades para jóvenes y aficionados [27]

3. Ventajas del diseño de robots

De la bibliografía consultada y de la experiencia personal se pueden enumerar las siguientes aportaciones que conllevan el diseño de robots y la participación en competiciones para un estudiante universitario de ingeniería [6] [12][28] [14]

- *Análisis e Integración de Sistemas.*
Debido a que en un robot está formado por varios subsistemas que deben funcionar conjuntamente, con el diseño de robots se aprende a analizar cada uno por separado y sus relaciones e implicaciones con los otros. Se aprende a analizar también un sistema en diferentes niveles a nivel mecánico (algoritmos de control de bajo nivel, cinemática y dinámica del robot, ...), al nivel de decisión y estrategia y al nivel de sistema (la integración de la mecánica y la estrategia).
- *Gestión de proyectos.*
El diseño de un robot para participar en una competición es un claro ejemplo de un proyecto de ingeniería con una fecha concreta de finalización en la que participa un equipo de personas con un objetivo común. En el desarrollo del proyecto (especialmente en proyectos complejos como el diseño de un equipo de fútbol) es imprescindible una buena gestión, no sólo de los recursos económicos y materiales, sino de las comunicaciones entre los miembros, de la gestión del tiempo, etc. También se aprende a trabajar en equipo.
- *Motivación para alumnos de cursos intermedios.*
En los casos en que el diseño de robots se plantea en cursos intermedios tienen la posibilidad de aprender conocimientos y técnicas que luego estudiarán en profundidad en cursos posteriores aumentando su interés y ayudando a su posterior aprendizaje.
- *Análisis de soluciones y madurez intelectual.*
Cuando un equipo comienza el diseño de un robot para una competición no sólo debe pensar en cómo solucionar un problema sino en cómo lo solucionarán los demás. Esto les fuerza a pensar con mucha más amplitud de miras que si se tratara de un simple proyecto de diseño. Además, en la competición pueden comprobar las diferentes soluciones utilizadas y aprender de ellas. Esto lo relaciona [28] con un aumento de la madurez intelectual de los participantes según se indica en el modelo de madurez intelectual de Perry [29].
- *Experiencias personales*
No hay que dejar de lado la experiencia personal que los alumnos obtienen al trabajar en un equipo de trabajo, en viajar para asistir en una competición y compartir sus conocimientos y experiencias con personas que tienen sus mismas inquietudes.

Se puede observar que los beneficios presentados no están relacionados directamente con los conocimientos técnicos específicos relacionados con la robótica (algoritmos, circuitos, etc.) sino más con habilidades más generales muy importantes en ingeniería.

4. Planteamiento de la Investigación

Toda investigación basada en factores sociológicos como la que se presenta a continuación debe tener claros los objetivos a conseguir y utilizar una metodología bien estructurada. Además, es importante plantear una o varias hipótesis, es decir, realizar previsiones a partir de descubrimientos aún no verificados y enfocar el estudio para intentar demostrar su veracidad de forma objetiva mediante acciones o preguntas que puedan a la vez demostrar su veracidad o su falsedad.

En Investigación Social hay fundamentalmente dos orientaciones metodológicas que se distinguen por utilizar diferentes conjuntos de técnicas para realizar los estudios de la realidad social. La división más común es entre los que utilizan métodos cualitativos y cuantitativos.

Comparando los puntos fuertes y débiles de los dos métodos se puede decir que en la primera fase de una investigación, la fase de recogida de información, los métodos y técnicas propios de la metodología cualitativa (entrevistas y grupos de discusión) son más próximos, complejos y válidos para dar cuenta del fenómeno social en su unidad y totalidad mientras que en la fase de análisis son menos fiables e inválidos. Sin embargo, en los métodos cuantitativos (encuestas) es al contrario, en la primera fase parecen más endebles y sesgados mientras que son más consistentes, replicables y objetivos en la fase de análisis [35].

En los últimos años se está tendiendo a utilizar ambos métodos de forma conjunta en los estudios sociológicos [35]. En el presente estudio, se comienza con el análisis cuantitativo de datos disponibles de los participantes, a continuación se realiza un estudio cualitativo basado en entrevistas en profundidad a expertos y en grupos de discusión para obtener las variables adecuadas para ser utilizadas en la tercera fase consistente en un estudio cuantitativo (encuesta) del que se obtendrán datos concretos. Por último, un último análisis cualitativo ayudará a interpretar los datos objetivos obtenidos con la encuesta.

En los siguientes apartados se presenta la metodología a seguir en el estudio (Fig. Figura 1)

1.1 Objetivos e Hipótesis

El objetivo es demostrar la hipótesis de que el diseño de pequeños robots móviles autónomos y la participación en competiciones de robots es bueno para potenciar el desarrollo científico y académico de los alumnos, así como su futuro desarrollo profesional.

Más concretamente se pretende analizar:

- Puntos en común que tienen los participantes en competiciones de robots.
- Habilidades deseables en un estudiante de ingeniería al finalizar sus estudios.
- Influencia que tiene en los estudiantes la participación en una competición de robots en:
 - En el ámbito académico
 - En el ámbito profesional
 - En el ámbito personal
- Posibilidad de mejorar las habilidades deseables con actividades diseño de robots y participación en competiciones..

1.2 Análisis de la población

El estudio se va a realizar tomando como población los estudiantes de la Universidad de Alcalá que han participado en las diferentes ediciones del concurso de robots ALCABOT 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2006 y en la competición internacional EUROBOT 2002, 2003, 2004, 2005 y 2006. El tamaño de la población de de unas 450 personas.

1.3 Análisis Cuantitativo Inicial

Con un análisis cuantitativo inicial de los datos disponibles de los participantes se pretende extraer información útil para la definición de grupos o categorías de participantes que posteriormente sean utilizadas para el diseño muestral de la encuesta.

1.3.1 Análisis de los datos existentes de los participantes

Como primera fase del estudio es necesario generar una base de datos con todos los participantes de ediciones anteriores. Una vez se disponga de la base de datos es necesario analizar la información directa que de ella se pueda obtener como puede ser:

- Número de participantes en total
- Evolución de la participación por edición
- Distribución de los participantes por cursos y por titulaciones.
- Analizar la participación por titulación en relación con el número de alumnos por titulación y curso.
- Evolución de la participación de las personas que lo han hecho en diferentes ediciones consecutivas: pruebas en las que ha participado, resultados, ...
- Analizar el número de personas en cada grupo de trabajo.
- Ver si existe correlación entre la participación en la competición y la realización de conferencias y seminarios de promoción.

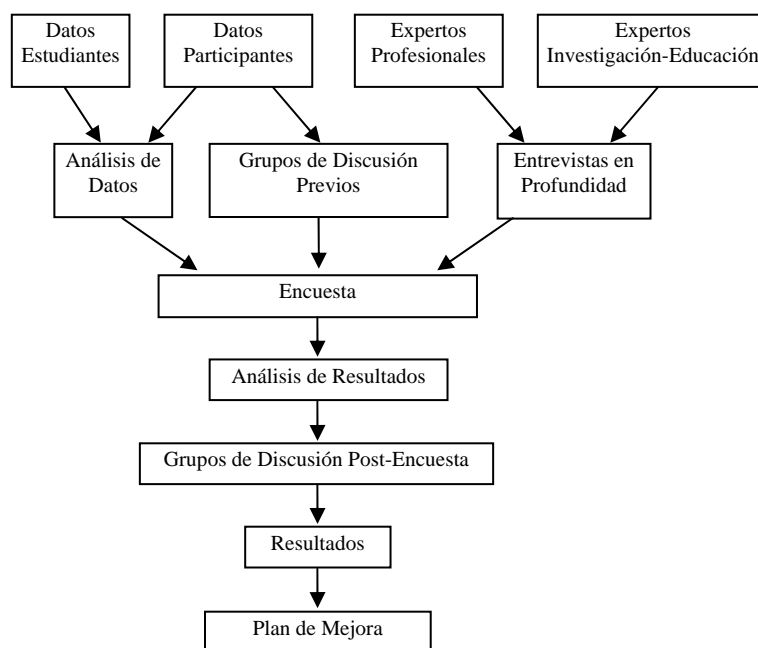


Figura 1: Planificación de la investigación

1.3.2 Análisis del perfil académico de los participantes

Conociendo el nombre y DNI de los participantes se intentará (solicitando los permisos oportunos y con las debidas medidas de seguridad) acceder a su información académica analizando su situación respecto al resto de alumnos de su titulación y su evolución académica antes y después de la participación en el concurso.

- Estudiar el porcentaje de alumnos que ha participado estando en un primer ciclo y ha continuado con un segundo ciclo en comparación del resto de alumnos.
- Estudiar los porcentajes de alumnos que están en un tercer ciclo que participaron en competiciones de robots en el primer o segundo ciclo en comparación con el resto de alumnos.
- Obtener diferentes perfiles académicos en los estudiantes de cada titulación y estudiar la situación de los participantes en estos perfiles.

- Obtener los estudiantes que obtuvieron créditos de libre elección por la participación en la competición o en seminarios de promoción y formación.
- Estudiar la evolución de los participantes en las asignaturas que están más relacionadas con el diseño de robots antes y después de su participación.

Este estudio puede ayudar a categorizar a los participantes de en diferentes grupos lo que puede ayudar en un posterior estudio cualitativo y cuantitativo final. Las categorías que salgan fruto de este estudio deberán ser validadas en la encuesta final por los propios participantes.

1.4 Estudio Cualitativo de Generación de Variables

El elemento más crítico de un estudio cuantitativo (encuesta) es la correcta elección de las variables a medir y las preguntas y respuestas a realizar. Si esta información no es completa puede dar lugar a resultados sesgados o incompletos no representando la realidad. Para reducir este riesgo, se utilizarán métodos cualitativos de investigación [31][30][32] para obtener información sobre las variables a utilizar en el posterior estudio cuantitativo [33][34].

En el estudio cualitativo se van a utilizar el grupo de discusión y la entrevista en profundidad a expertos.

1.4.1 Entrevista en profundidad a expertos

La entrevista en profundidad es un método muy común utilizado en investigaciones sociológicas para obtener información [30][32]. Estas entrevistas pueden ser cerradas o abiertas. Las encuestas cerradas están basadas en un cuestionario previamente establecido y su objetivo es obtener la opinión diferentes personas sobre un tema concreto para posteriormente poder compararlas, complementarlas o inferir conclusiones a partir de las diferentes opiniones. Por otro lado, las entrevistas abiertas utilizan preguntas abiertas dando cierta libertad al entrevistado en sus respuestas y permitiendo de esta forma obtener ideas o informaciones que no se pensaban obtener en un principio y sobre las que no se hubiera preguntado en una entrevista cerrada.

Mediante entrevistas a profesionales y expertos del ámbito de la ingeniería, educación, investigación, responsables de recursos humanos y entrenadores de equipos directivos (Coaching) se pretende conseguir una idea clara de las habilidades que son deseables en los estudiantes al finalizar sus estudios y su opinión sobre si su participación en competiciones de robots puede serles significativamente útiles o no para su futura vida profesional.

Esta información será utilizada para guiar a los grupos de discusión y servirán para definir las variables de la posterior encuesta.

1.4.2 Grupos de Discusión

Los grupos de discusión [30][32] es otra herramienta muy utilizada en las investigaciones sociológicas para obtener el lugar al que tienden las diferentes actitudes y opiniones de un grupo de personas reforzándose entre sí por el debate, enfrentamiento y oposición entre los miembros del grupo [32].

Con los grupos de discusión se pretenden reunir a una muestra de estudiantes participantes en la competición de robots e intentar obtener diferentes implicaciones del diseño de robots en su desarrollo académico, científico y profesional o en el de otros compañeros con el objetivo de identificar las variables importantes del posterior estudio cuantitativo (preguntas y respuestas y forma de preguntar). Las conversaciones son grabadas y analizadas posteriormente.

1.5 Estudio Cuantitativo: La Encuesta

La encuesta es el elemento fundamental del estudio cuantitativo y tiene como ventajas fundamentales, si está bien realizada, que permite abarcar en un mismo estudio un amplio abanico de cuestiones, posibilita la comparación de los resultados al basarse en la cualificación

de las respuestas y permite generalizar los resultados a una población más amplia de la encuestada dentro de los límites que marque el estudio [33].

Entre los inconvenientes está que la información está restringida a las respuestas presentada por los individuos a las preguntas previamente formuladas. Si las preguntas no están bien diseñadas, los resultados pueden ser incompletos o sesgados. También influye la sinceridad de los entrevistados.

Aunque el objetivo inicial es pasar la encuesta a todos los antiguos participantes de la competición, para que los resultados parciales sean estadísticamente significativos se utilizará como método para seleccionar la muestra inicial el muestreo aleatorio estratificado [33] basado en la elección aleatoria de personas asegurándose que se obtienen muestras suficientes de cada posible grupo o subgrupo encontrado en la primera fase del estudio (fase cuantitativa inicial).

Con la información recopilada de los grupos de discusión y de las entrevistas en profundidad se diseñará una encuesta que será enviada a todos los participantes (alumnos de la Universidad de Alcalá) en las diferentes ediciones de la competición ALCABOT-HISPABOT [1][2][3][20].

El diseño de la encuesta requiere varias fases entre las que se encuentra el análisis de la muestra mínima que será necesario obtener en relación con la población total, la formulación de las preguntas y respuestas de la encuesta de forma que maximice la información obtenida y que favorezca estudios estadísticos avanzados sobre los datos obtenidos.

El contacto con los participantes en la encuesta se realizará por correo electrónico, correo postal o por teléfono animándoles a rellenar una encuesta que estará disponible en Internet. De esta manera los resultados se obtendrán de forma inmediata.

Por último se realizará el análisis de los resultados de forma objetiva comprobando o no si las hipótesis iniciales está sustentada en evidencias.

1.6 Estudio Cualitativo Final

Tras analizar los resultados de la encuesta se realizarán de nuevo grupos de discusión que ayuden a extraer las razones de esos resultados y a obtener conclusiones.

1.7 Ampliación del estudio

Tras analizar los resultados podría pensarse ampliar el estudio participantes que no sean de la Universidad de Alcalá o que participen en otras competiciones nacionales o internacionales.

5. Programa de Intervención

Con la idea de poner en práctica de manera formal todo lo aprendido en la lectura de la bibliografía y en la experiencia personal referente a las implicaciones en el desarrollo de los estudiantes de actividades del diseño de robots, en el Curso 2006/2007 comenzará a impartirse en la Universidad de Alcalá una asignatura de libre elección de 4 créditos denominada “Introducción al Diseño de Robots Móviles” y que tiene como principales objetivos:

- Dar a conocer los conocimientos y técnicas básicas relacionadas con el diseño de robots móviles autónomos.
- Fomentar las habilidades motivacionales, de comunicación, relacionales y de organización de los alumnos participantes.
- Fomentar la enseñanza orientada a proyectos en grupos de estudiantes multidisciplinares.
- Animar a la participación de ediciones futuras de competiciones de robots.
- Analizar el cambio de expectativas y motivación de los alumnos al iniciar y al finalizar el curso.

6. Conclusiones

Como conclusiones se puede asegurar que la robótica móvil está desarrollándose en los últimos años no sólo como una tecnología más en la que están apareciendo aplicaciones industriales sino como un medio de incentivar el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería y que ayuda a poner en práctica capacidades necesarias para un ingeniero como es el trabajo el equipo, la gestión de proyectos, el análisis de problemas y la madurez intelectual.

En el artículo se presenta un estudio que se pretende finalizar a finales de 2007 con el que se intenta demostrar de forma seria y objetiva que introducir el diseño de robots y la participación en competiciones en los currículos universitarios es bueno para su formación como ingenieros.

Referencias

- [1] Julio Pastor y el resto de miembros de la Organización de ALCABOT. *Evolución de la competición de microrrobots de la Universidad de Alcalá*. HISPABOT'03 (I Seminario y Concurso Nacional de Microrrobots). CDROM de Actas del Seminario. ISBN:84-8138-560-3. (2003).
- [2] J. Pastor, L.M. Bergasa, J.M. Villadangos, M. Mazo, F.J. Rodríguez, A. Gardel. *Experiencia docente de ALCABOT en la enseñanza de la electrónica*. SAAEI'01 (VIII Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación). CD-ROM de actas del Congreso. ISBN: 84-699-5676-0. (2001)
- [3] Julio Pastor y el resto de los miembros de la Organización de ALCABOT-HISPABOT. *Competiciones de Microrrobots como promoción de la electrónica: ALCABOT-HISPABOT*. TAAEE'04 (VI Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica). CDROM de Actas del Seminario (2004).
- [4] R.R. Murphy. *Introduction to AI Robotics*. Editorial MIT Press. ISBN: 0-262-13383-0. (2000)
- [5] Robocup (<http://www.robocup.org/>)
- [6] M. Asada, R. D'Andrea, A. Birk, H. Gitano, M. Veloso. *Robotics in Edutainment*. 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation Proceedings. Pág. 795-800. 2000
- [7] B. A. Maxwell, L. A. Meeden. *Integrating Robotics Research with Undergraduate Education*. Intelligent Systems and Their Applications, IEEE Volume: 15, Issue: 6 pp 22-27 2000
- [8] M. Daniels, L. Asplund. *Multi-Level Project Work; A Study in Collaboration*. 30th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. F4C-11 – FC4-13. 2000
- [9] T. Kaneda, S. Fujisawa, T. Yoshida. *Subject of Making music Performance Robots and their Ensemble* 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings, 12b4, 1999
- [10] N. Chen. *A Vision-Guided Autonomous Vehicle: An Alternative Micromouse Competition* IEEE Transactions on Education Vol. 40 N° 4. 1997.
- [11] J.Y. Hung. *An integrated Junior-Year Laboratory Base don an Autonomous Mobile Robot Platform* FIE Conference Proceedings. Pag. 1154-1159. 1998
- [12] D.J. Mehrl, M.E. Parten, D.L. Vines *Robots Enhance Engineering Education* 1997 Frontiers in Education Conference Proceedings. Pág 613. 1997
- [13] L.R. Carley, P. Khosla, R. Unetich *Teaching 'Introduction to Electrical and Computer Engineering' in Context* Invited Paper in Proceedings of the Proceedings of the IEEE, 2000
- [14] Messom, C.H., Carnegie, D., Xu, P., Demidenko, S., Bailey, D., *'Robotic Competitions: Motivation for Engineering Programmes'*, Proceedings of the Ninth New Zealand Electronics Conference, Dunedin, New Zealand, 2002, pp 55-60, ISBN: 0-473-09117-8.
- [15] Competición Internacional de robots Eurobot y Eurobot Junior (<http://www.eurobot.org>)
- [16] J.Akita, H. Kitano. *RoboCup for Science and Engineering Education: A Case of The Future University-Hakodate*. Vol. 6, Pag. 734-768. 1999
- [17] For Inspiration and Recognition of Science and Technology – FIRST (<http://www.usfirst.org>)
- [18] R. S. Hobson, *The Changing Face od Classroom Institutional Methods: Service Learning and Design in a Robotics Course* 30th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. F3C-20 – F3C-25. 2000
- [19] H. Kitano, S. Suzuki, J. Akita *RoboCup Jr: RoboCup for Edutainment* Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation. Pág. 807-812. 2000
- [20] ALCABOT –HISPABOT - Universidad de Alcalá (<http://www.alcabot.uah.es>)
- [21] Universidad de Deusto (<http://www.eside.deusto.es/asignaturas/arq/>)
- [22] Robolid (<http://www.eis.uva.es/amuva/>)

- [23] CyberTech – ETII – UPM (<http://www.disam.upm.es/cybertech/>)
- [24] Club de Robótica Autónoma – E.U. Politécnica de Mataró (<http://www.eupmt.es/cra/>)
- [25] MadridBot (<http://www.madridbot.org>)
- [26] ChampionBot (<http://www.sia.eui.upm.es/championbot>)
- [27] CampusBot: Área de robótica en Campus Party (<http://www.campus-party.org>)
- [28] R.R. Murphy, ‘*Competing for a Robotics Education* IEEE Robotics & Automation Magazine. (2001)
- [29] G. P. Brooks. *Perry: Fact, Fiction and Outcomes Assessment*. Annual Meeting of the Mid-Western Educational Research Association (Chicago IL, October 1998).
- [30] R. A. Krueger. *El grupo de discusión: guía práctica para la investigación aplicada*. Ed. Pirámide. ISBN-84-368-0589-5. (1991)
- [31] S.J. Taylor, R. Bogdan. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Editorial Pailón Básica. ISBN: 84-7509-816-9. (2002).
- [32] J.M. Delgado, J. Gutiérrez. *Métodos y técnicas cualitativas de investigación en Ciencias Sociales*. Editorial Síntesis Psicología. ISBN: 84-7738-226-3. (1999)
- [33] M.A. Cea. *Métodos de encuesta. Teoría y práctica, errores y mejora*. Editorial Síntesis. ISBN: 84-9756-250-X. (2004)
- [34] V. C. Martínez. *Diseño de encuestas de opinión*. Ed. Ra-Ma. ISBN – 84-7897-589-6. (1994).
- [35] V. Porrás, P. López, C. Lozares. *La articulación entre lo cuantitativo y lo cualitativo: de las grandes encuestas a la recogida de datos intensiva*. Qüestiió, vol 23. (1999)