



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD
X CONVOCATORIA (2008-2009)



❖ **DATOS IDENTIFICATIVOS:**

Título del Proyecto

Robots educativos como medio docente en ingeniería

Resumen del desarrollo del Proyecto

Gracias a este proyecto, junto con un proyecto anterior proporcionado por la EPS de la UCO, se ha dotado al departamento de Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica de un laboratorio de 14 robots LEGO Mindstorms NXT. Este laboratorio también ha sido dotado con una gran cantidad de sensores y actuadores.

A lo largo del curso 2008/2009 se realizaron varias acciones con los robots LEGO:

- Construcción de nuevas prácticas para la asignatura de "Sistemas en Tiempo Real" de 2º curso de Ing. en Informática.
- Un curso de extensión universitaria de formación continua, denominado "Lego Mindstorms. Programación de Robots".
- Propuestas de construcción y programación de robots como trabajos AAD en la asignatura de "Informática Industrial" del Máster de Control de Procesos Industriales.
- Estudio, análisis y diseño de nuevos sensores para LEGO Mindstorms NXT.
- Se realizaron unas exposiciones de modelos LEGO Mindstorms NXT desarrollados por alumnos y becarios del departamento en las jornadas de captación de nuevos alumnos.

	Nombre y apellidos	Código del Grupo Docente
Coordinador/a:	José Manuel Palomares Muñoz	030
	Joaquín Olivares Bueno	030
Otros participantes:	Juan Carlos Gámez Granados	030

Asignaturas afectadas

Nombre de la asignatura	Área de Conocimiento	Titulación/es
Sistemas en Tiempo Real	Arquitectura y Tecnología de Computadores	Ing. en Informática
Informática Industrial	" "	Máster Control de Procesos Industriales
Sistemas Electrónicos Digitales	" "	Ing. en Automática y Elect.Industrial

MEMORIA DE LA ACCIÓN

Especificaciones

Apartados

1. Introducción

El curso 2006/2007 significó el primer contacto de los integrantes de este proyecto con los robots LEGO Mindstorms NXT. Gracias a la convocatoria Modalidad I de la EPS del curso 2006-07, se pudo adquirir la dotación de un laboratorio equipado con 12 LEGO Mindstorms NXT, que poseen un conjunto de sensores (de iluminación, de distancia por ultrasonidos, de sonido ambiente, de pulsación), de actuadores (servomotores con control de rotación de 1 grado) y un sistema computacional (denominado genéricamente NXT) basado en un sistema microcontrolador de 32 bits ARM7 a 48MHz, con un coprocesador basado en el microcontrolador de 8 bits Atmel AVR a 8 MHz, también tiene incluido un sistema Bluetooth integrado v2.0. A su vez, se pueden enlazar hasta 4 unidades NXT para realizar procesamiento distribuido, teniendo siempre una unidad NXT como maestra y las otras 3 como esclavas.

Hasta el curso 2008/2009, las prácticas de la asignatura de “Sistemas en Tiempo Real” de 2º de Ing. en Informática se han basado en gran parte en la realización de sistemas simulados. Con este proyecto se pretendía que los alumnos realizasen prácticas en sistemas reales, y además captar su atención gracias al atractivo que presentan este tipo de robots educativos. Por último es también importante considerar que las prácticas supondrían un acercamiento al trabajo del mundo real, ya que en los sistemas que implementados por los alumnos, estos utilizarían datos procedentes del mundo real a partir de los sensores del robot, realizarían un procesamiento en tiempo real y obtendrían una respuesta física a través de actuadores o servomotores.

Se ha constatado que un gran número de alumnos se siente atraído por la posibilidad de realizar las prácticas con estos instrumentos. Los alumnos podrían desarrollar de manera amena y visualmente muy atractiva los conceptos expuestos en las asignatura. A su vez, un uso continuado de estas tecnologías permitirá en un futuro desarrollar más elementos hardware y software para implementar operaciones más complejas.

2. Objetivos

- Equipar un laboratorio con material especial para realizar prácticas y trabajos de tres asignaturas de otras tantas titulaciones, pudiendo ampliarse la actividad a otras en el futuro y permitiendo realizar Actividades Académicas Dirigidas AAD.
- Que los alumnos aprendan la utilidad de sistemas empujados en situaciones reales.
- Que los alumnos aprendan a trabajar con sistemas que trabajan en tiempo real que procesan en una unidad central información en función de entradas físicas capturadas con sensores.
- Aumentar la interacción con la práctica.
- Conseguir captar el interés del alumno realizando prácticas amenas.

3. Descripción de la experiencia

Este proyecto ha dado lugar a 5 experiencias diferentes:

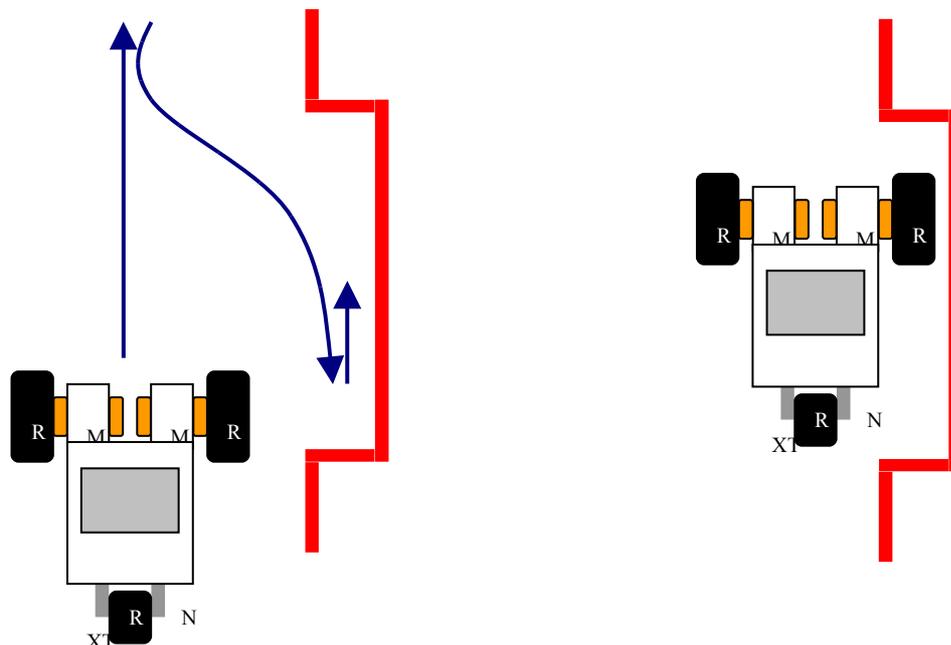
- Construcción de nuevas prácticas para la asignatura de “Sistemas en Tiempo Real” de 2º curso de Ing. en Informática.
- Un curso de extensión universitaria de formación continua, denominado “Lego Mindstorms. Programación de Robots”.
- Propuestas de construcción y programación de robots como trabajos AAD en la asignatura de “Informática Industrial” del Máster de Control de Procesos Industriales.
- Estudio, análisis y diseño de nuevos sensores para LEGO Mindstorms NXT.
- Se realizaron unas exposiciones de modelos LEGO Mindstorms NXT desarrollados por alumnos y becarios del departamento en las jornadas de captación de nuevos alumnos.

3.1. Primera experiencia

El desarrollo de nuevas prácticas docentes para la asignatura de “Sistemas en Tiempo Real” presentó muchos problemas iniciales debido a que durante el curso 2008/2009 se realizó el traslado de toda la EPS a un nuevo edificio en el C.U. Rabanales. Este traslado incluyó no sólo el traslado de los despachos de profesores y salas de alumnos y estudio, sino también, la construcción, dotación y puesta a punto de los laboratorios. La construcción, dotación y puesta a punto de los nuevos laboratorios del departamento se retrasó hasta finales de diciembre, por lo que las prácticas de la asignatura de “Sistemas en Tiempo Real” se redujeron a sólo un mes (el mes de enero de 2009). Debido a esta limitación en el tiempo el número de prácticas se tuvo que reducir a tan sólo 3 sesiones de prácticas de 2 horas, lo cuál se tradujo en que tan sólo se pudieron realizar 2 prácticas.

La primera práctica propuesta trató con la construcción de un robot básico, con dos ruedas motrices y una tercera rueda libre. Utilizando este sistema robótico, los alumnos tenían que programar un algoritmo que permitiése realizar un aparcamiento en un espacio predeterminado. Los objetivos de esta primera práctica eran:

- Programar movimientos sincronizados del robot.
- Acceder a sensores/actuadores básicos.



Esta práctica estaba concebida como una introducción a los robots y mostraba a los alumnos la gran cantidad de variables que se involucran y por tanto, la dificultad inherente que presentan estos sistemas reales frente a los sistemas simulados. Para simplificar la ejecución se eliminaron todos los sensores. A los alumnos se les proponía ampliar esta práctica incluyendo los sensores que ellos desearan para determinar el momento de inicio del aparcamiento u otros aspectos que ellos considerasen interesantes.

La segunda práctica pretendía introducir los conceptos de planificación y control de Tiempo Real utilizando un sistema operativo específico para los Lego Mindstorms NXT, denominado LeJOS nxtOSEK. Este sistema permite controlar todos los sensores, actuadores y componentes internos del sistema (reloj del sistema, botones, pantalla, etc.) En esta práctica se pretendía construir un contador de 2 dígitos que se mostraba en pantalla y cuya velocidad era programable, de forma que en el momento inicial se actualiza con un periodo de un segundo. Sin embargo cada vez que se pulsaba la tecla '>', se incrementaba el periodo en 0.1 segundo, mientras que si se pulsaba la tecla '<', se decrementaba el periodo en 0.1 segundo. El contador se incrementaba ascendentemente desde 0 a 99. Para salir del programa bastaba con pulsar la tecla 'EXIT'. El sistema contador utilizaba las siguientes teclas de control:

- Tecla 'OK': pausa/continuar del contador. (Botón cuadrado naranja, ENTR)
- Tecla 'EXIT': salida del programa. (Botón rectangular gris, EXIT)
- Tecla '>': aumenta el periodo en 0.1 segundos. (Botón flecha derecha, RUN)
- Tecla '<': disminuye el periodo en 0.1 segundos. (Botón flecha izquierda, STP)



La práctica presentaba una primera aproximación a las rutinas de bajo nivel, al control del tiempo y al acceso concurrente de recursos y rutinas en sistemas empujados. Los alumnos podían realizar el control del tiempo definiendo contadores desde el nivel de sistema base, o bien, redefiniendo una función *hook* de la RTI asociada al *timer* desde el nivel de recursos de usuario. Esto permitió enfocar un mismo problema desde dos ámbitos distintos, con problemas y soluciones diferentes en cada caso.

3.2. Segunda experiencia

Se realizó un Curso de Extensión Universitaria para Formación Continua denominado "LEGO Mindstorms. Programación de Robots". Este curso de 30 horas de duración se realizó durante el mes de noviembre de 2008. Tuvo una buena aceptación por parte de los alumnos, contando con 9 alumnos matriculados. El curso tuvo un carácter eminentemente práctico, planteándose el desarrollo en torno a 4 prácticas (denominadas "desafíos" en la

jerga NXT). Estas prácticas iban desde el diseño de un robot que aparcase automáticamente hasta un robot que se encargase de detectar piezas (de un cierto tamaño) delante del robot, recoger dicha pieza y trasladarla a otra posición. El sistema de programación fue un sistema visual, denominado G-Programming.

3.3. Tercera experiencia

Los sistemas LEGO Mindstorms NXT se ofertaron como posible trabajo de la asignatura de “Informática Industrial” del Máster de Control de Procesos Industriales. En esta asignatura estaban matriculados alumnos de diferentes titulaciones y con conocimientos muy diversos y diferentes grados de capacitación en la programación de sistemas. La oferta de trabajo práctico estaba abierta de manera que el profesor implicado en la asignatura trataba con los alumnos el trabajo a desarrollar. Tres alumnos expresaron su intención y realizaron dos trabajos prácticos en los que se diseñaron:



- Un robot, situado en un cubículo con una única salida, que era capaz de explorar su entorno mediante un sensor de ultrasonidos, girando el robot para ir enfocando la zona que se deseaba explorar y era capaz de determinar la “salida” del cubículo. Además el robot mostraba un mapa “visual” de las exploraciones ultrasónicas en su pantalla, para comprobar que los resultados eran correctos.
- Tomando como base el robot del trabajo anterior, se amplió la funcionalidad del mismo, detectando si estaba en una situación en la que los obstáculos se encuentran más alejados, evitando chocar contra ellos, o bien si el robot estaba en un cubículo (con muros cercanos).

3.4. Cuarta experiencia

Como fase previa a su utilización en la asignatura de “Sistemas Electrónicos Digitales” se realizó un trabajo de desarrollo de nuevos sensores para comprobar los diferentes tipos de sensores que pueden funcionar con el sistema Lego Mindstorms NXT, así como conectarlos y programarlos. Los profesores del proyecto junto con la becaria IDU de la titulación de Ing. en Automática y Electrónica Industrial, realizaron varios

sensores entre los que cabe destacar un sensor pasivo de temperatura utilizando un termistor y un sensor activo de iluminación mediante un fotodiodo y un receptor lumínico.

3.5. *Quinta experiencia*

Gracias al trabajo de los profesores involucrados en el proyecto, junto con alumnos colaboradores del Departamento de Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica, al becario de Colaboración y a la becaria IDU de Ing. en Automática y Electrónica Industrial, se desarrollaron una serie de modelos robóticos que se explicaron y mostraron durante las Jornadas de captación de alumnos de los institutos de bachillerato.

4. **Materiales y métodos**

Como se ha indicado en el apartado anterior los materiales utilizados han sido los sistemas robóticos LEGO Mindstorms NXT adquiridos para el departamento de Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica a través de este proyecto de Innovación Docente y de proyectos previos de ayudas para la adquisición de Infraestructura para la adaptación al EEES, de la EPS de la Universidad de Córdoba.

Se han utilizado los sensores incluidos en los sistemas robóticos LEGO Mindstorms NXT en su versión educativa. También se han utilizado otros sensores compatibles con NXT, adquiridos de manera individual. Finalmente se han utilizado otros paquetes de LEGO, que aún no perteneciendo a la línea Mindstorms NXT, es compatible con ésta en el ámbito de la construcción de estructuras.

También se han utilizado componentes electrónicos usuales (resistencias, condensadores, termistores, etc.) para el desarrollo de nuevos sensores.

5. **Resultados obtenidos y disponibilidad de uso**

Se ha conseguido dotar un laboratorio con suficientes sistemas robóticos educativos LEGO Mindstorms NXT. También se han adquirido sensores y módulos de expansión que permiten realizar una mayor cantidad de robots y dotarlos de mayor versatilidad y capacidad de procesamiento del entorno.

Se han propuesto unas prácticas en “Sistemas en Tiempo Real” que utilizan sistemas reales, y que han tenido una gran aceptación por parte de los alumnos. Debido al retraso en la construcción, dotación y puesta a punto de los laboratorios de prácticas no se pudieron realizar más prácticas por parte de los alumnos.

Se han ofertado como trabajos AAD en “Informática Industrial” del Máster en Control de Procesos Industriales y, a pesar de los bajos conocimientos de programación de los alumnos de dicha titulación, se han conseguido construir unos robots complejos.

El conjunto de robots LEGO Mindstorms NXT está disponible en los laboratorios del área de Arquitectura y Tecnología de Computadores, para el uso de cualquier profesor que lo requiera. De hecho, D. José Manuel Soto Hidalgo, profesor de la asignatura de “Interfaces y Periféricos” utilizó estos sistemas robóticos para la realización por parte de un alumno de un trabajo AAD en dicha asignatura.

Algunos alumnos se han interesado en los sistemas LEGO Mindstorms NXT para realizar su proyecto fin de carrera o para realizar trabajos AAD más vistosos en otras asignaturas incluso de otras áreas docentes.

6. Utilidad

Se ha observado que este laboratorio puede ser muy útil en casi todas las titulaciones de ingeniería ya que existen grandes sinergias: el análisis y diseño de los prototipos es de gran interés para I.T.I. Mecánica, la programación del sistema de control básicos puede ser de interés para alumnos de las titulaciones I.T. en Informática de Sistemas o I.T.I. Electrónica, el diseño de sistemas de control complejos con requisitos de tiempo real es de gran importancia en titulaciones como Ing. en Informática e Ing. en Automática y Electrónica Industrial. La construcción de nuevos sensores pueden interesar a alumnos de

Además, al ser compatibles estos sistemas con las piezas LEGO estándar, por poco coste adicional, se pueden utilizar extensiones que permiten ampliar la utilidad de estos sistemas a otros campos. Por ejemplo, utilizando los módulos de energías renovables por placas fotovoltaicas de LEGO podrían hacer interesante el sistema a alumnos de I.T.I. Electricidad.

7. Observaciones y comentarios

El resultado final ha sido razonablemente satisfactorio dado que durante gran parte del curso no se han podido disponer de los laboratorios. El presente curso 2009/10 servirá para asentar los conocimientos adquiridos durante el pasado curso, revisar las prácticas, presentar prácticas nuevas, proponer más trabajos AAD, etc.

El desarrollo de nuevos sensores plantea dos etapas, la primera involucra el desarrollo físico del sensor (enlazar los dispositivos y elementos, soldar, etc.) y una segunda fase que incluye el desarrollo de un driver que permita conectar el nuevo sensor a la unidad de control del LEGO Mindstorms NXT. La primera etapa es relativamente fácil, ya que los circuitos suelen ser sencillos y no suelen involucrar muchos componentes. Por el contrario, la segunda etapa presenta algunas dificultades que desconocíamos al inicio del proyecto. Estas dificultades nos ha llevado a desarrollar únicamente sensores pasivos, ya que el desarrollo de sensores activos y de sensores tipo I2C (con comunicación bidireccional) es mucho más complejo. Por ahora, el equipo de trabajo está destinando más esfuerzo a esta segunda etapa, en la búsqueda de los mecanismos que permitan incluir estos sensores dentro del sistema NXT.

8. Autoevaluación de la experiencia

Todas las experiencias desarrolladas dentro de este proyecto han sido muy gratificantes para el profesorado implicado precisamente por observar que los alumnos han mostrado un interés mucho mayor que el habitual en estos casos. Además, los alumnos nos han indicado que han adquirido los conceptos involucrados en las asignaturas más fácilmente y de manera más amena.

ANEXO MEMORIA ECONÓMICA

Inicialmente se solicitaron 3.000 euros, sin embargo, la dotación del proyecto fue menor y hubo que recortar en algunos gastos y dotar otros no previstos, como es el caso de un armario metálico, que se adquirió para guardar los NXT bajo llave, ya que al ser un material atractivo para el alumno y relativamente valioso, era susceptible de ser sustraído del laboratorio. Antes de la adquisición del armario se consultó al personal del Vicerrectorado para tener su visto bueno.

Las compras se realizaron a Electricbricks Entertainment S.L. para la compra de NXT y sensores, habiendo una factura por importe de 611.29 euros; y a Vistalegre para el armario, fungible de laboratorio y fungible administrativo, hasta casi completar el montante concedido de 1.700 euros.

Además se envió una carta explicativa con la memoria de gastos al Vicerrectorado a primeros de septiembre.

Córdoba, a 29 de septiembre de 2009