

TALLER DE ROBÓTICA EN LA ESCUELA

Rubén D. Maza – Eusebio A. Méndez – Juan A. Torres – Gustavo A. Mamaní
rdmaza@yahoo.com – eusebio.mendez@gmail.com – juant@argentina.com
Laboratorio de Robótica Aplicada (LABRA)
Sede Regional Orán – Universidad Nacional de Salta (UNSA)

Abstract

El presente trabajo describe la experiencia realizada en un Taller de Robótica para alumnos de 7mo Grado de una escuela pública de la ciudad de Orán (Salta). Dicho Taller se efectuó en el marco del Proyecto de Extensión “Aprendiendo a Pensar con Robótica Educativa”, y para la construcción de los robots del tipo autónomos móviles se utilizó un prototipo de kit diseñado en el Proyecto de Investigación: “Desarrollo de un Kit para la Construcción de Robots Autónomos Móviles Orientado a la Enseñanza y la Investigación” del Laboratorio de Robótica Aplicada (LABRA).

El Taller de Robótica consistió en un encuentro semanal en la Sala de Computación de la escuela de tres horas, durante el primer cuatrimestre del presente año, contando con un cupo de veinticinco alumnos, organizados en cinco grupos de trabajo para la resolución de un determinado problema. Internamente cada uno de los grupos realizaba la distribución de tareas, como ser el diseñar la forma del robot, determinar los sensores a utilizar, desarrollar los algoritmos de control, etc. Los programas eran realizados en el lenguaje xLOGO, y posteriormente eran traducidos al lenguaje mikroPASCAL para poder finalmente ser grabados en el microcontrolador del robot (de la familia de los PIC).-

Palabras Claves: Robótica Educativa – xLOGO – Microcontroladores – mikroPASCAL

Objetivos de la Comunicación

Relatar la experiencia de la enseñanza de la Robótica Educativa (la actividad de diseño y construcción de robots con fines pedagógicos) en una escuela pública de enseñanza primaria, utilizando para ello un kit robótico que utiliza elementos accesibles y de bajo costo, y que permite una fácil programación mediante el uso de lenguajes similares a LOGO y PASCAL, facilitando de esta manera la posibilidad concreta y efectiva de incorporar la Robótica Educativa en la currícula escolar.

Desarrollo

A) Introducción

Como docentes de materias del primer año en carreras que comprenden a las ciencias “duras” (Matemática, Física, Computación, etc.), comprobamos que un gran porcentaje de los alumnos que ingresan a la universidad no lograron desarrollar el pensamiento lógico y la capacidad de abstracción, un objetivo fundamental de la enseñanza en la escuela en todos sus niveles. Así también las estadísticas muestran que sólo un tercio de los ingresantes se inclinan por las carreras que son consideradas estratégicas para el desarrollo de un país, y que son las que más demanda tienen en el mercado laboral a nivel mundial actualmente, como las ingenierías y las informáticas.

Como complemento de esta situación podemos decir que tampoco se observa en la sociedad actual una “predisposición” a la abstracción y al pensamiento lógico, empezando por la Matemática y terminando en la Filosofía, y sin abstracción y pensamiento lógico no hay desarrollo tecnológico ni científico, ni tampoco tendremos ciudadanos reflexivos con sentido crítico y autonomía intelectual, que sean capaces de contribuir en la construcción de una sociedad más justa, democrática y solidaria.

El resultado entonces es que nuestros alumnos no aprenden a pensar; y en plena “era del conocimiento”, los que no sepan pensar serán los analfabetos de este nuevo milenio. Tampoco en la escuela logran desarrollar la comprensión lectora ni la expresión oral, lo que

los transforma en futuros discapacitados verbales; y si a estos resultados le sumamos los altos índices de repitencia y deserción, llegamos a la conclusión de que la educación actual está en crisis.

Y es en este contexto que debemos plantear la oportunidad de tender hacia una nueva escuela, que responda a las necesidades de este nuevo siglo y a los retos que presenta la tecnología, y que tenga como objetivo final el desarrollar una “cultura del pensamiento” en un sistema educativo con inclusión, equidad y calidad.

Como un pequeño aporte para tratar de revertir la situación planteada precedentemente, desde el Laboratorio de Robótica Aplicada (LABRA) de la Sede Regional Orán de Universidad Nacional de Salta (UNSA) decidimos difundir la Robótica Educativa (RE) como una herramienta pedagógica, pues consideramos que ella representa un aporte válido y un ejemplo concreto de la utilización correcta, adecuada y pertinente de la tecnología en la Educación, puesto que fomenta el desarrollo de la capacidad de abstracción y el pensamiento lógico formal de los alumnos.

Y con la finalidad de hacer viable y accesible este objetivo, y como una alternativa al uso de los kits robóticos comerciales, este equipo de trabajo desarrolló bajo la modalidad “open source” (tanto a nivel hardware como software), un kit económico que tiene las siguientes características: modular, polimórfico, reconfigurable, de fácil programación y que utiliza materiales y componentes accesibles y de bajo costo, y que puede ser empleado en la enseñanza de la RE en las escuelas de nivel primario y secundario, e incluso ser utilizado en cursos de Introducción a la Programación a nivel universitario, posibilitándose de esta manera la implementación y puesta en práctica de los conceptos teóricos de la RE.

Para completar el objetivo de difundir la RE con el kit desarrollado, se implementó un Taller de Robótica para alumnos de 7mo Grado en la escuela provincial “Osvaldo Burela” de la ciudad de Orán (Salta). El taller consistió en un encuentro semanal en la Sala de Computación de la escuela de tres horas de duración, durante el primer cuatrimestre del presente año, contando con un cupo de veinticinco alumnos. Los temas abordados en el Taller fueron los siguientes:

- ¿Qué es un Robot?
- Reseña Histórica de la Robótica
- Componentes de un Robot
- Sensores y Actuadores
- Programación de Robots
- El lenguaje LOGO
- Resolución de Problemas con Robots
- Diseño y Construcción de un Robot Seguidor de Líneas

B) ¿Qué es un Robot?

En la literatura especializada abundan las definiciones sobre lo que es un robot, pues cada autor propone su propia definición. En el caso de este Taller y conjuntamente con los alumnos, elaboramos la siguiente definición: “Un robot es una máquina con componentes electrónicos y mecánicos, dotado de elementos para percibir su entorno y diseñado para actuar en el mismo con una determinada capacidad de decisión”. De la definición propuesta surge que un robot tiene las “capacidades” de percepción, decisión y acción, que están relacionadas como se muestra en la Figura 1.

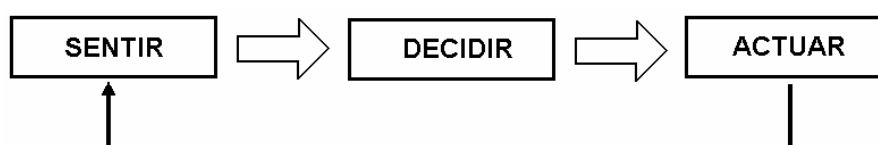


Figura 1: Capacidades de un Robot

Es decir que básicamente, el robot constantemente está sensando y actuando con el entorno en el que se encuentra (Figura 2). Esa capacidad de percepción está dada por el uso de sensores que pueden captar determinados parámetros del ambiente, como ser: luz, temperatura, presión, proximidad, etc. El hecho de decidir de manera autónoma la acción a realizar, en un determinado instante, está dada por el programa de control que posee. Esto implica que si cambiamos el programa de control, el robot podrá realizar una tarea totalmente distinta, lo que nos brinda infinitas posibilidades de aplicación. Y la utilización de elementos denominados actuadores, permiten al robot desarrollar alguna acción como ser: desplazarse, girar, manipular algún objeto, etc.

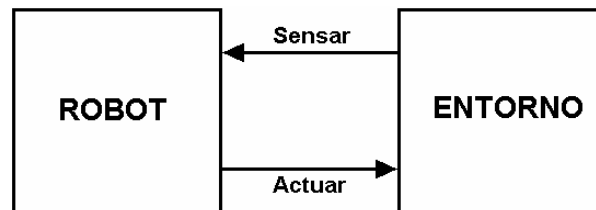


Figura 2: El Robot y su Entorno

Desde un punto de vista esquemático (Figura 3), un robot está compuesto por tres capas, las cuales son:

- La Capa Física contiene el hardware del robot, esto es, la estructura mecánica (chasis, ruedas, etc.) y los circuitos electrónicos (de control, de potencia, etc.).-
- La Capa de Control implementada en el programa (software) de control que permite dotar al robot de la capacidad de realizar alguna tarea en su medio ambiente.-
- La Capa de Entrada/Salida permite interactuar al robot con su entorno (el mundo real), y que está compuesta por los sensores (de luz, de contacto, infrarrojos, ultrasonidos, etc.) y los actuadores (motores, brazos, pinzas, etc.).-

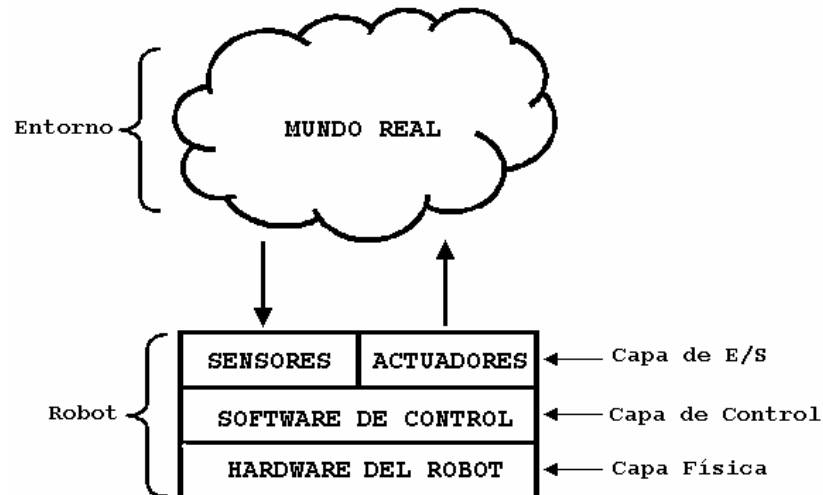


Figura 3: Arquitectura Conceptual de un Robot

C) Marco Teórico de la Robótica Educativa

El uso de la tecnología en la educación es una tendencia irreversible que se acentúa cada vez más, pero “más tecnología” no implica “mejor educación” pues aquella es en última instancia una herramienta, constituyendo lo más importante el abordaje pedagógico que se utilice para su incorporación en el proceso de aprendizaje. En ese sentido la RE es una propuesta válida para lograr el “aprender a pensar” por parte de los alumnos utilizando la

tecnología (robots en este caso), pues tiene como basamento un conjunto de sólidas teorías educativas elaboradas durante el siglo XX, las cuales son:

- El Constructivismo de Piaget: El conocimiento se construye progresivamente gracias a la interacción entre el alumno y el medio....
- El Construccionismo de Papert: Y la mejor manera de lograr dicha construcción es construyendo algún “objeto para pensar”....
- El Aprendizaje Significativo de Ausubel: Que posea un contenido de real interés para el alumno...
- La Zona de Desarrollo Próximo de Vigotsky: Y con la ayuda recíproca de sus compañeros.-

D) Resolución de Problemas con Robótica Educativa

Si encaramos el proceso de creación del robot que resolverá un determinado problema como un proyecto ingenieril, entonces deberemos seguir una serie de pasos (ó etapas) predefinidos que constituyen el “ciclo de vida” del proyecto, denominado así porque el “producto” (robótico) inicialmente se concibe, luego se desarrolla y mantiene, hasta que finalmente es retirado (ya no se lo utiliza). Existen en la ingeniería diversos métodos (o modelos) de desarrollo de un producto, y en nuestro caso adoptaremos por su sencillez conceptual el “modelo lineal” más conocido como “modelo en cascada”, denominado así porque la salida de una etapa constituye la entrada de la etapa siguiente (Figura 4).

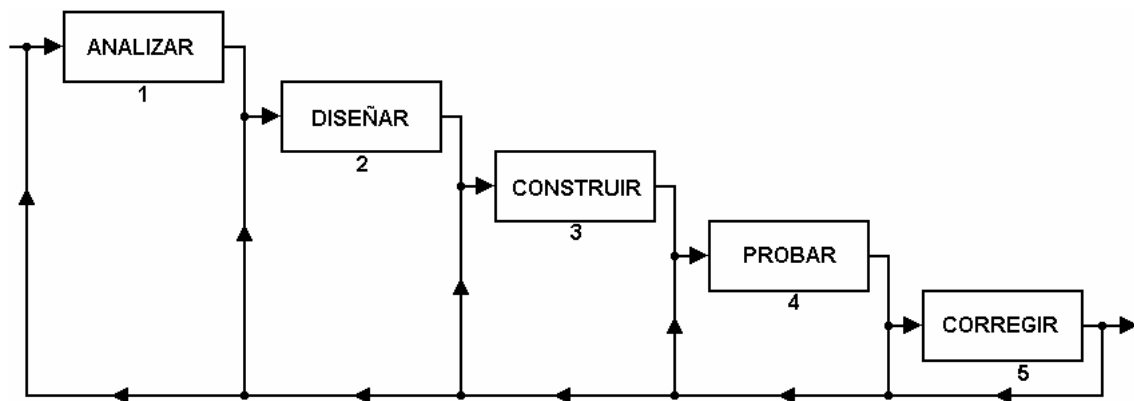


Figura 4: Pasos para la Resolución de Problemas

Las etapas ó pasos que constituyen el modelo en cascada son los que se detallan a continuación:

- (1) Organizar: Primeramente los alumnos deberán distribuirse en grupos de N integrantes (por ejemplo $N \approx 5$) para conformar los equipos de trabajo que tendrán la tarea de crear el robot. Una vez constituidos los grupos, ellos deberán organizarse internamente y planificar el desarrollo del proyecto. Realizarán un “cronograma de actividades”, en donde distribuirán el tiempo asignado para la ejecución del proyecto entre las actividades a realizar; y también se organizarán en subgrupos (en donde cada integrante tendrá diferentes responsabilidades y funciones) para crear cada uno de ellos una “parte” del robot, por lo que se hace necesario establecer una coordinación entre los subgrupos.-
- (2) Analizar: Definir de manera clara los requerimientos que plantea el problema, en base a su enunciado (esto es, determinar el “qué”).-

- (3) Diseñar: Determinar cuáles serán y qué características tendrán los componentes que serán utilizados en cada una de las “capas” que componen un robot: la Física, la de Control y la de Entrada/Salida (esto es, determinar el “cómo”).-
- (4) Construir: La implementación (o fabricación) del robot consta de dos pasos básicos, que podrán realizarse de manera secuencial o en paralelo (simultáneamente), por sendos subgrupos de trabajo:
 - Ensamblar los componentes físicos del robot, tanto mecánicos como electrónicos.
 - Programar el algoritmo de control.
- (5) Probar: Como todo producto que es fabricado, éste debe ser sometido a pruebas para poder descubrir posibles errores en su funcionamiento (ó comportamiento en éste caso) ya sea originados por problemas mecánicos, electrónicos o de programación.-
- (6) Corregir: En base a las pruebas realizadas, deberemos proceder a realizar las modificaciones necesarias para corregir los errores detectados.-
- (7) Documentar: Esta etapa, que deberá realizarse a lo largo de todo el proceso de desarrollo del robot, consiste en escribir lo que podría denominarse una “bitácora” o “diario del proyecto” en donde se detallan todas las acciones (ó actividades) realizadas en cada una de las etapas para la concreción del proyecto: explicitación de los requerimientos, decisiones de diseño adoptadas, detalles constructivos, etc.-

Al finalizar el proyecto, cada equipo de trabajo deberá realizar una presentación de lo construído, transformándose de esta manera el robot en una “entidad pública”, lo que permite a sus creadores compartir con el resto de sus compañeros lo aprendido. Como se muestra en la Figura 4, las salidas de todos los pasos tienen un camino de retorno a las etapas anteriores, pues siempre es posible revisar lo realizado y modificarlo si cambiamos de opinión, o corregirlo si se observan errores.

E) El lenguaje LOGO

Para la programación de los robots construídos por los alumnos de 7mo grado se decidió la utilización del lenguaje xLOGO, un intérprete de LOGO escrito en JAVA de distribución libre y gratuita. Esta decisión se basa en que lo consideramos como el lenguaje adecuado para que los alumnos de ese nivel puedan aprender a programar los movimientos del robot, de una manera natural e intuitiva, pues LOGO dispone de una “tortuga”, un elemento gráfico que representa al robot a construir.

Recordemos que en 1967 Seymour Papert (el creador de LOGO) junto con Marvin Minsky (el padre la Inteligencia Artificial) construyeron un dispositivo robótico que representaba a la tortuga, y que ubicado en el piso conectado a una computadora, los alumnos programaban sus movimientos utilizando las órdenes avanza, retrocede, derecha e izquierda del lenguaje LOGO. Es decir que en este caso el “objeto para pensar” de Papert es la tortuga, que el alumno debe diseñar y construir (crear) y luego programar (instruir).

La utilización de LOGO también posibilitó que los alumnos pudieran probar el funcionamiento de sus algoritmos de control, y de esa manera realizar una validación de los mismos de manera “virtual”, es decir simulada, sin necesidad de tener que construir previamente el robot. De esta manera se facilita el proceso de “ensayo–error”, en donde el alumno puede observar concretamente los resultados que obtiene, convirtiéndose los errores en algo positivo, pues nos obligan a comprender lo que falló para realizar las correcciones necesarias.

F) Los Cinco Problemas Clásicos de la Robótica Educativa

En el área de la RE, existen una serie de problemas que podríamos denominar “clásicos”, pues ellos representan niveles de mediana a baja complejidad, y son muy enriquecedores desde el punto de vista de la experiencia que los alumnos obtienen al lograr (ó intentar) resolverlos. Esos problemas están referidos al diseño y construcción de los siguientes tipos de robots:

- (1) Robot Evasor de Obstáculos
- (2) Robot Seguidor de Líneas
- (3) Robot Seguidor de Luz
- (4) Robot de Laberinto
- (5) Robot Bordeador

De todos estos problemas, decidimos plantear en el Taller la construcción de un robot seguidor de líneas, también conocido como robot “rastreador”, el que debe ser capaz de seguir un camino (representado por una línea negra de un determinado ancho) que consta de rectas y curvas dibujado sobre una superficie (de papel blanco) y corregir su dirección cuando se desvíe del camino (Figura 5).

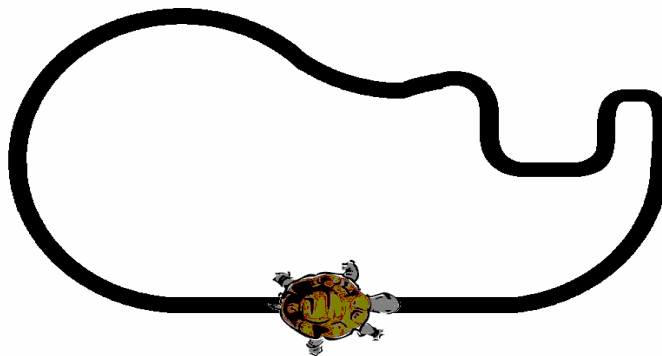


Figura 5: Robot Seguidor de Líneas

Cada uno de los equipos se abocaron a resolver este problema (la construcción de un robot que cumpliera con los requerimientos enunciados), utilizando el kit desarrollado por nuestro laboratorio, y siguiendo las fases esquematizadas en la Figura 4.

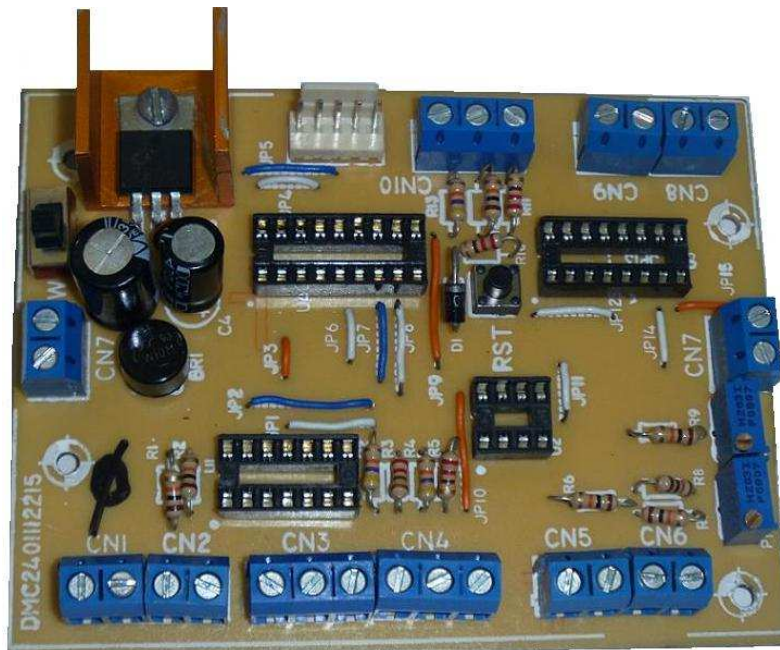


Figura 6: Placa Electrónica de Control

El referido kit consta básicamente de una placa electrónica de control (Figura 6), una serie de sensores (de contacto, de luz y de reflexión), dos motorreductores (Figura 7) y tres ruedas (una de ellas libre), elementos que permiten construir robots autónomos móviles del tipo “tortuga”, designación que proviene del nombre que el neurofisiólogo Grey Walter le dió a unos pequeños robots electromecánicos que construyó a principios de 1950.

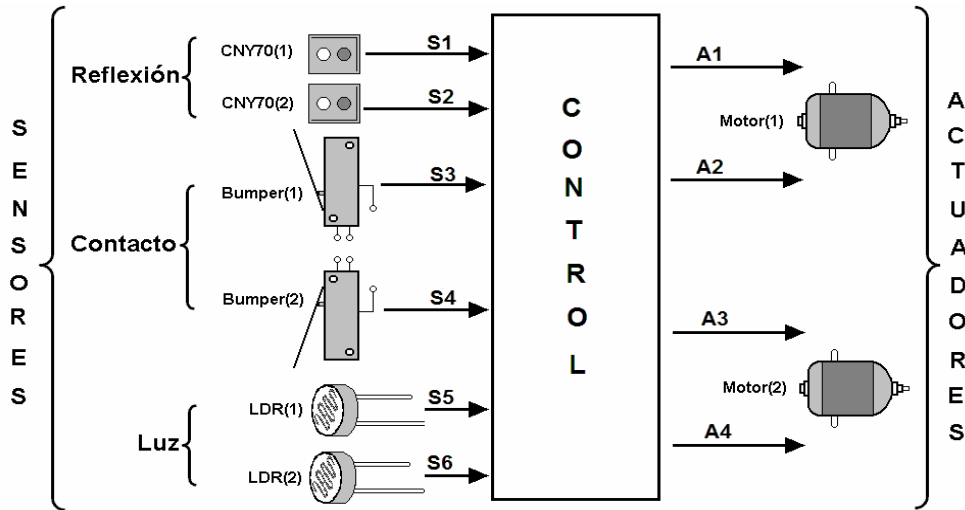


Figura 7: Sensores y Actuadores del Kit

Si bien el módulo principal del programa de control tenía una estructura genérica de la forma que se muestra en el Listado 1:

```

para rastreador
iniciar
repitesiempre [andar]
fin
    
```

Listado 1: Programa Principal del Robot Rastreado

cada uno de los equipos resolvió el “andar” de distinta manera, tal como se muestra en los Listados 2.a y 2.b, en donde las funciones sensor.izquierda y sensor.derecha están relacionadas con los sensores de reflexión que utiliza el robot. Y como una forma de comparar la eficiencia de cada algoritmo, se realizaron competencias de velocidad, en donde se cronometraba el tiempo que a cada robot le insumía completar una vuelta al circuito.

```

para andar
# SOLUCIÓN DEL EQUIPO 1
si (sensor.izquierda = 0) [re 1 gd 5]
si (S2 = 0) [re 1 gi 5]
av 1
fin
    
```

(a)

```

para andar
# SOLUCIÓN DEL EQUIPO 2
mientras (S1 = 0) [gd 1]
mientras (sensor.derecha = 0) [gi 1]
av 5
fin
    
```

(b)

Listado 2: Programa de Movimiento del Robot Rastreador

Una vez codificadas y validadas las soluciones de manera virtual, se procede a su traducción al lenguaje mikroPASCAL, para poder obtener el programa en el código de máquina del microcontrolador (en este caso el PIC 16F628A). Por ejemplo, en los Listados 3.a y 3.b se muestran las versiones en PASCAL de los programas en LOGO de los Listados 2.a y 2.b. Cabe aclarar que la unidad Margot encapsula y oculta los detalles de bajo nivel (que tienen que ver con el hardware), permitiendo a los alumnos concentrarse únicamente en la resolución del problema en sí.

```

program Rastreador;
uses Margot;

// SOLUCIÓN EQUIPO 1

begin
  iniciar;
  while (true) do begin
    if (sensorIzquierda = 0) then
      begin
        re(5); giraDerecha(1)
      end;
    if (S2 = 0) then begin
      retrocede(5); gi(1)
    end;
    avanza(5);
  end;
end.

```

(a)

```

program Rastreador;
uses Margot;

// SOLUCIÓN DEL EQUIPO 2

begin
  iniciar;
  while (true) do
    begin
      while (S1 = 0) do
        giraDerecha(1);
      while (sensorDerecha = 0) do
        giralzquierda(1);
      avanza(5);
    end;
  end.

```

(b)

Listado 3: Programa del Robot Rastreador

Para la construcción de la plataforma del robot (el soporte físico del mismo), el kit contiene cinco piezas básicas que tienen algunas de las siguientes formas: cuadrado, isósceles, equilátero, cuartocírculo y semicírculo (Figura 8). Estas piezas, ensambladas convenientemente, permiten realizar un diseño modular y por lo tanto reconfigurable de la plataforma, lo que posibilita que el robot adopte fácilmente diversas formas, de acuerdo a la aplicación a desarrollar, reforzando de esta manera el polimorfismo y reduciendo al mínimo la uniformidad en el diseño de los diversos equipos de alumnos.

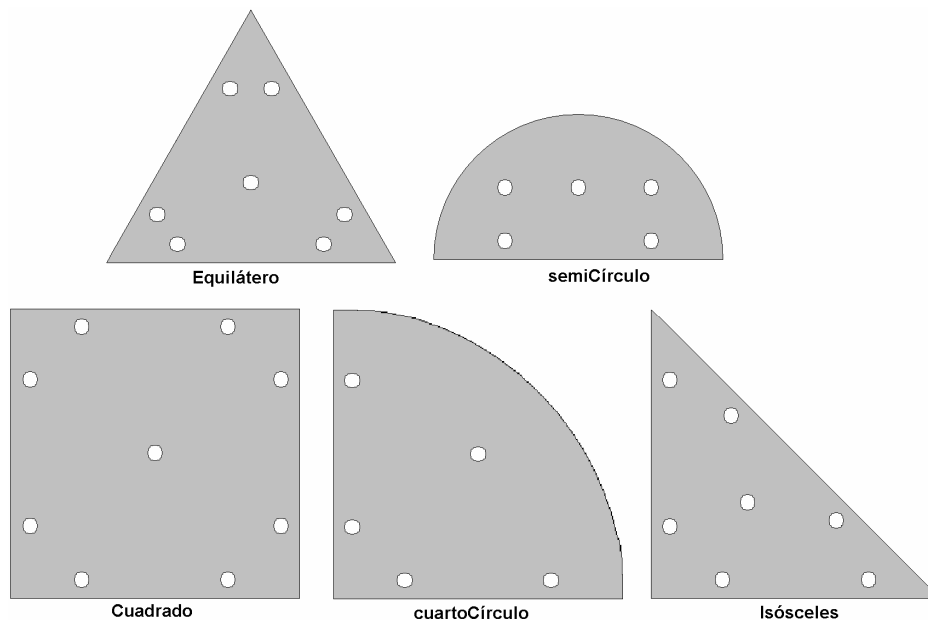


Figura 8: Conjunto de Piezas Básicas del Kit

En las Figuras 9 y 10 se observa un robot construido con el kit, que está diseñado para dibujar en un papel desplegado sobre una superficie plana, seguir una línea negra sobre un fondo blanco ó desplazarse en un ambiente evitando los obstáculos que encuentre en su camino, entre otras posibilidades.



Figura 9: La Robot Margarita (vista lateral)

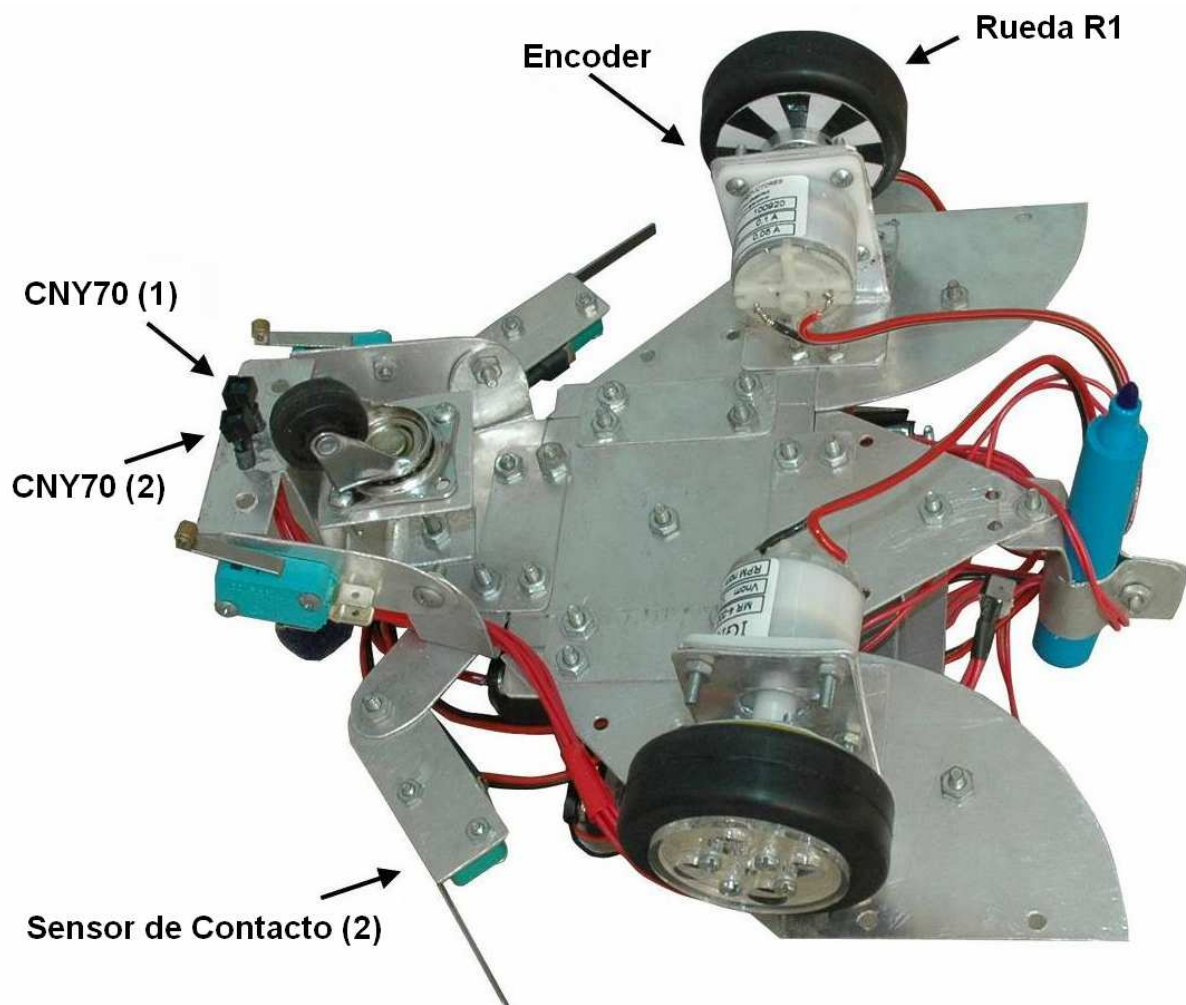


Figura 10: La Robot Margarita (vista inferior)

Conclusiones

La experiencia relatada en este trabajo, la de implementar un Taller de Robótica con alumnos de 7mo grado de una escuela pública, demostró de manera concreta la factibilidad de incorporar a la Robótica Educativa en la currícula escolar como una actividad original y valiosa, pues ella propicia el desarrollo del pensamiento lógico y la capacidad de abstracción de los alumnos que la realizan.-

Bibliografía

- (1) “Desafío a la Mente” – S. Papert – Ediciones Galápago – Bs. As. – 1987.-
- (2) “Alas para la Mente” – H. Reggini – Ediciones Galápago – 2da. Ed. – Bs. As. – 1983.-
- (3) “Pedagogía de la Autonomía” – P. Freire – Siglo Veintiuno Editores – 2da. Ed. – Bs. As. – 2008.-
- (4) “Un Aula para Pensar” – D. Perkins – S. Tishman – E.Jay – Aique Grupo Editor – Bs. As. – 2006.-
- (5) “Pensamiento y Lenguaje” – L. Vigotsky – Pléyade – Bs. As. – 1977.-
- (6) “Seis Estudios de Psicología – Introducción a la Epistemología Genética” – J. Piaget Editorial Paidós – Bs. As. – 1977.-
- (7) “Robots Móviles” – F. Giamarchi – Thomson Editores – Madrid – 2001.-
- (8) “Introducción a la Robótica” – J. Angulo Usategui – S. Romero Yesa – I. Angulo Martínez – Thomson Editores – Madrid – 2005.-
- (9) “Sistemas de Control Moderno” – R. Dorf – R. Bishop – Pearson Prentice Hall – 10ma. Ed. – Madrid – 2007.-
- (10) “Ingeniería de Control Moderno” – K. Ogata – Prentice Hall – 3ra. Ed. – Madrid – 1998.-