

Enrique Ruiz-Velasco Sánchez

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones sobre la
Universidad y la Educación

EDUCATRÓNICA

Innovación en el aprendizaje de las
ciencias y la tecnología



issue



Madrid - Buenos Aires - México

© Enrique Ruiz-Velasco Sánchez, 2007
© UNAM, 2007

Reservados los derechos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Ediciones Díaz de Santos

www.diazdesantos.es/ediciones (España)
www.diazdesantos.com.ar (Argentina)

ISBN: 978-84-7978-822-3
Depósito legal: M. 22.386-2007

Fotocomposición: Estefanía Grimoldi
Diseño de Cubierta: Ángel Calvete
Impresión: Fernández Ciudad
Encuadernación: Rústica-Hilo

Índice

INTRODUCCIÓN	XV
PRESENTACIÓN.....	XIX
1. CONSTRUCTIVISMO, CONSTRUCCIONISMO Y ROBÓTICA.....	1
Introducción	1
Tecnologías de información y comunicación	1
Tecnologías de información y comunicación	5
Multimedia.....	6
Informática.....	7
Electrónica de gran público	8
Telecomunicaciones.....	8
Sistemas expertos	9
Nuevos modelos de trabajo, comunicación y aprendizaje.....	10
Inteligencia artificial	10
Virtualidad	11
<i>Virtualidad como libertad</i>	11
<i>Características de la realidad virtual</i>	13
Integración pedagógica de las TIC	19
La informática educativa	20
Interacción hombre-máquina	22
Disciplinas que intervienen en la interacción hombre-máquina.....	23
Interfaces.....	27
Interfaces de software.....	27
Desarrollo de interfaces	28
Características de la interfaz del usuario	31
Interfaz de usuario	32
Interfaz de usuario de un programa	32

Modelos	33
Modelo del programador	34
Modelo del diseñador	34
Aspectos de la memoria humana	35
Diseño de interfaces de usuario	35
Pruebas de usabilidad	38
Evolución de las interfaces de usuario	39
Interfaces de línea de comandos	39
Interfaces de menú	39
Interfaces gráficas	43
Interfaces orientadas a objetos	45
Pasos para el diseño de interfaces de usuarios	47
Elementos importantes a considerar en el diseño de interfaces de usuario ...	48
Ejemplos de interfaces concretas.....	49
Dispositivos de entrada/salida	54
Interfaces de hardware	55
Constructivismo	55
Construccionismo	62
Constructivismo + tecnología = Construccionismo.....	63
El socioconstructivismo.....	63
Constructivismo de Piaget <i>versus</i> construccionismo de Papert.....	65
De la didáctica de las matemáticas a la didáctica de la tecnología.....	71
Robótica.....	73
Hipotéticos teóricos	74
2. LOS ROBOTS.....	79
Introducción	79
Los robots en el mito	80
En la Antigüedad: Grecia, Roma, Egipto, India y China.....	80
En la Edad Media.....	82
Los robots en la ciencia	83
Fabricación de autómatas reales	84
Imagen de los robots	85
¿Qué es un robot?	89
¿Qué es la robótica?.....	90
Campos de la robótica.....	91
Robots industriales.....	91
Propiedades características de los robots industriales	92
Componentes generales de un robot industrial	94
Configuraciones de los manipuladores robóticos	95
Modelo operacional del robot industrial.....	96

Generaciones de robots industriales	98
La primera generación de robots clásicos.....	98
La segunda generación de robots clásicos.....	98
La tercera generación de robots clásicos	98
Representación gráfica y funcional de un robot industrial	99
Robots no industriales.....	103
Robots militares.....	103
Robots promocionales	104
Robots educacionales	104
Robots médicos.....	105
Robots domésticos o personales	105
Robots de pasatiempo.....	105
Diversidad de la robótica.....	106
3. LOS ROBOTS EN LA EDUCACIÓN	107
Introducción	107
Sistemas de enseñanza y didáctica.....	107
La inteligencia artificial	109
Robots y robótica	110
La robótica pedagógica.....	112
La robótica pedagógica como disciplina integradora de distintas áreas del conocimiento.....	113
La robótica pedagógica como un entorno tecnológico que permite un uso creativo del aula y de los procesos de enseñanza-aprendizaje.....	114
Bondades cognoscitivas de la robótica pedagógica.....	115
La robótica pedagógica como un entorno de aprendizaje cooperativo y colaborativo	121
La robótica pedagógica para el desarrollo e implantación de una nueva cultura tecnológica.....	121
Reflexiones de orden didáctico sobre la robótica pedagógica.....	121
Reflexiones de orden psicológico sobre la robótica pedagógica	124
La robótica pedagógica y su entorno natural.....	128
La robótica pedagógica y la inducción experimental	129
La robótica pedagógica y el desarrollo de micromundos	129
Enfoque pedagógico de la robótica pedagógica	130
Propiedades de los robots pedagógicos	131
Reflexiones de orden tecnológico sobre la robótica pedagógica.....	132
Un robot pedagógico para el aprendizaje de la programación informática	133
El sistema computacional	136
Aprendizaje de las principales estructuras de la programación informática	139
Desarrollo de la capacidad de análisis.....	142

Desarrollo de la capacidad de programación.....	144
Etapas para la construcción de una formación de base en programación informática	148
Programando robots pedagógicos sin computadora	149
Balance actual de la robótica pedagógica.....	154
4. PROYECTOS EDUCATIVOS PARA APRENDER CIENCIAS Y TECNOLOGÍA.....	157
Introducción.....	157
El laboratorio de robótica	157
Materiales de construcción para el aprendizaje	165
El diseño de las situaciones didácticas	166
Actuación del alumno	169
Actuación del docente.....	169
Situaciones construccionistas	171
El tren del conocimiento de ciencia y tecnología	172
Estación didáctica “mecánica”	178
<i>Situación didáctica construccionista “Autopsia de una computadora”</i>	<i>178</i>
<i>Situación didáctica construccionista “Vivisección de una computadora” o “La computadora está viva”.....</i>	<i>180</i>
<i>Situación didáctica construccionista “Apolonio y los engranes”.....</i>	<i>184</i>
<i>Situación didáctica construccionista “Candelaria y las poleas”.....</i>	<i>189</i>
Estación didáctica “electricidad”.....	190
<i>Situación didáctica construccionista “Los enanitos verdes” o “El motor de corriente directa”</i>	<i>191</i>
<i>Situación construccionista “La corriente y el voltaje” o “El tinaco y la tubería”</i>	<i>195</i>
<i>Situación didáctica construccionista “Eduviges y las diversas fuentes de energía”</i>	<i>195</i>
Breve análisis de la situación didáctica enanitos verdes	196
Estación didáctica “electrónica”	198
<i>Situación didáctica construccionista “El chip”</i>	<i>198</i>
<i>Situación didáctica construccionista “Sensores de luz” o “Los ojos del robot”</i>	<i>200</i>
<i>Situación didáctica construccionista “Sensores de calor” o “La piel del robot”</i>	<i>201</i>
<i>Situación didáctica construccionista “Sensores de proximidad” o “La intuición del robot”</i>	<i>202</i>
<i>Situación didáctica construccionista “Sensores de temperatura” o “El robot tiene calor”</i>	<i>203</i>

<i>Situación didáctica construccionista “Sensores de humedad” o “El robot está cansado”</i>	204
<i>Situación didáctica construccionista “La memoria de la computadora” o “el robot olvidadizo”</i>	205
Estación didáctica “informática”	205
<i>Situación didáctica construccionista “la torre de Babel”</i>	206
<i>Breve introducción al código ASCII, código binario y al sistema de notación binaria</i>	206
<i>Situación didáctica construccionista “Una jarra de agua de limón”</i>	212
<i>Situación didáctica construccionista “Cambiando una llanta ponchada”</i>	212
<i>Situación didáctica construccionista “Programando el elevador” o “El elevadorista”</i>	213
Concepción y desarrollo del dispositivo didáctico para el estudio de la electrónica	215
<i>Compuertas lógicas</i>	217
<i>De lo concreto a lo abstracto</i>	218
<i>Simplificación del álgebra Booleana mediante mapas de Karnaugh</i>	219
Proyectos educativos prácticos para aprender a aprender	220
Robots pedagógicos para desarrollar	221
El carrusel	223
Las sillas voladoras	227
La rueda de la fortuna	232
El montacargas	237
El carrito	242
El helicóptero	245
El molino de viento	247
Los insectos	250
El elevador	252
El tanquibrazo	257
La casita embrujada	259
El brazo robótico	262
Robots para armar	270
Otros proyectos	271
A guisa de conclusión	273
5. TECNOLOGÍA DE LOS ROBOTS EDUCATIVOS	275
Introducción	275
Mecánica (sistema mecánico)	275
Conjuntos para armar robots didácticos	276
Conjuntos Lego	276
Conjuntos Fischertechnik	277

Conjuntos Meccano	279
Material de recuperación y reciclable para construir robots educativos...	281
La reducción de la velocidad de rotación de un motor y el aumento de la fuerza de giro	285
Electricidad (sistema eléctrico).....	289
El control del motor.....	293
Electrónica (sistema electrónico) (Interfaces de hardware).....	294
Captadores	294
Interfaces electrónicas	299
Puerto paralelo	300
Microprocesadores.....	301
Interfaz para el puerto paralelo de las microcomputadoras MSX y PC ...	302
Interfaz paralela	302
Módulo de potencia	304
Interfaz para el puerto paralelo de las microcomputadoras XT utilizando el circuito integrado 74126.....	306
<i>El puerto paralelo de una computadora personal</i>	306
<i>Entradas y salidas</i>	307
<i>Líneas de datos</i>	308
<i>Líneas de estado</i>	309
<i>Líneas de control</i>	310
Interfaz para el puerto paralelo de las microcomputadoras XT mediante el circuito integrado 74HC688 (Comparador de magnitud)	311
<i>Interfaz PC-Tarjeta</i>	311
<i>Módulo de decodificación PC-Tarjeta</i>	313
<i>Módulo de puertos de entrada, salida y reloj</i>	315
<i>Módulo de control de motores de pasos</i>	317
Interfaz para Apple IIE, plataforma Macintosh	320
<i>Tarjeta de control del motor paso a paso de dos fases</i>	322
Interfaz de control para motores de corriente directa a través del puerto paralelo usando el integrado L293B.....	324
Implementación de la interfaz para 4 motores.....	325
Interfaces comerciales para el control de dispositivos tecnológicos	365
Informática (sistema informático)	367
Control	367
La programación informática	368
Interfaces comerciales	368
Consideraciones básicas para el control	369
Fallas más frecuentes de los robots	373
DIRECCIONES ÚTILES	375
GLOSARIO	379
BIBLIOGRAFÍA	385

Introducción

¡¡El camino para aprender es toda una aventura!!

En Educatrónica, se muestra a la Robótica Pedagógica como una disciplina que puede ayudar en el desarrollo e implantación de una nueva cultura tecnológica en todos los países, permitiéndoles el entendimiento, mejoramiento y desarrollo de sus propias tecnologías.

Se muestra cómo fundamentándose en el constructivismo y el construccionismo, se puede hacer un uso inteligente y racional de la tecnología, para generar entornos tecnológicos ricos, que permitan a los estudiantes la integración de distintas áreas del conocimiento para adquirir habilidades generales de información y comunicación y nociones científicas para la generación de conocimiento.

El desafío es controlar —o más bien jugar— con lo real, que intentar inmediatamente una interpretación abstracta del fenómeno. Al final, se trata de desarrollar en el estudiante un pensamiento estructurado, que le permita encaminarse hacia el desarrollo de un pensamiento más lógico y formal.

Si hacemos una lectura rápida de la enseñanza de las ciencias y de la tecnología podremos ver que nuestras escuelas no han respondido eficazmente a las expectativas generadas sobre el aprendizaje de estas disciplinas, mucho menos sobre el interés que pudieran despertar éstas en los alumnos. Pero el desarrollo tecnológico actual exige una mayor preparación e interés por el estudio de las ciencias y de la tecnología por parte de nuestros estudiantes.

Gracias al carácter polivalente y multidisciplinario de la Robótica Pedagógica y basados en la actividad de los estudiantes, ellos podrán concebir, desarrollar y poner en práctica diferentes robots que les permitirán resolver algunos problemas de su vida cotidiana, y al mismo tiempo les facilitarán ciertos aprendizajes. En otras palabras, se trata de crear las condiciones de construcción de conocimientos y permitir su transferencia en diferentes campos del conocimiento.

La necesidad de proveer de herramientas susceptibles de favorecer el paso de lo concreto hacia lo abstracto; de controlar varias variables simultáneamente en el estudio de diversos fenómenos; de dotar a los estudiantes de bases científico tecnológicas que les permitan avanzar junto con la ciencia y la tecnología; de crear entornos *ad hoc* que privilegien la inducción sobre la deducción; de integrar distintas disciplinas para la consecución de un proyecto, son algunas de las problemáticas que dan cuerpo a las consideraciones de orden didáctico para el estudio de la robótica pedagógica.

Antes no hubiera sido factible imaginar la posibilidad de estudiar de manera conjunta estos tópicos, no obstante, a través de la Robótica Pedagógica como disciplina, los estudiantes se enfrentarán a situaciones didácticas que les permitirán adquirir estrategias cognitivas para la resolución de problemas, la ejecución y exploración de experiencias reales. La experiencia misma, así como el proceso cognitivo de los estudiantes, estarán controlados por las propias situaciones didácticas preparadas ex profeso y, evidentemente, por el robot y la computadora.

Aquí la computadora juega un rol esencial, puesto que va a permitir la conexión del fenómeno con una representación más abstracta del mismo, en este caso mediante la gráfica y/o una presentación simbólica de éste.

Dicho de otra manera, en la enseñanza regular se deben memorizar ciertos elementos y, una vez dominados, se procede a su aplicación. Mientras que a través de la Robótica Pedagógica la transición es más suave, puesto que existirá un medio ambiente concreto, en donde el alumno planifica, ejecuta acciones reales, las controla, verifica y comete errores; recomienza y paralelamente a esta experimentación directa, la computadora proveerá en su debido momento, del desarrollo simbólico y/o gráfico de todas y cada una de las acciones realizadas. Es gracias a esta forma de proceder, que se realiza una transición entre la acción y la instrucción.

¿No será quizá esta una manera más natural y sencilla de abordar junto con los jóvenes estudiantes el estudio de las ciencias en general, y de la tecnología en particular?

Otra característica especial de la Robótica Pedagógica es la capacidad de mantener la atención del estudiante, ya que cuando intentan resolver un problema concreto, como el control de un robot, ellos aumentan su atención y efectúan una mejor comprobación sobre el desarrollo secuencial de las tareas.

Esta manera, que es un poco más natural para aprehender, es realizada en un medio ambiente de juego, un formato lúdico, en donde el estudiante es un trabajador activo, que siempre está resolviendo problemas concretos, contextualizados y con sentido.

Los estudiantes deberán realizar actividades como comprender la situación o consigna a la cual serán convocados; probarán hipótesis, estrategias, soluciones y algoritmos; harán ejercicios de entrenamiento; discutirán y propondrán nuevas soluciones de manera grupal y colaborando. Poco a poco irán conformando un lenguaje que responderá

a una nomenclatura convencional. De esta manera, el saber no aparecerá para ellos como algo mágico.

Los estudiantes pueden trabajar en proyectos relacionados con áreas como Biotecnología, Química, Física, Medicina, Biología, Informática, Robótica, Matemáticas, Geometría, Ciencias de la Tierra, Geografía, Ciencias y Técnicas Industriales, Ciencias y Técnicas de la Medición, Instrumentación, Adquisición de datos, Geofísica, Neurociencias, Electricidad, Electrónica, Lenguajes, Geología, etcétera.

No debemos olvidar que lo más importante es centrar el aprendizaje de los alumnos en la exploración y en la experimentación; en la interpretación de resultados y en la trayectoria y ejecución del proceso científico. La concepción, diseño y desarrollo de un robot pedagógico sirve únicamente como un buen pretexto para que ellos aprendan de manera cooperativa y colaborativa distintos temas y conceptos provenientes de diferentes áreas del conocimiento, además de aprender a lanzar hipótesis, a negociar, a integrar, a analizar, a discutir, a probar, a equivocarse, y a repetir una y muchas veces el conjunto de pasos necesarios para experimentar el método científico.

El hecho de que trabajen con robots miniaturizados no quiere decir que no estén ejerciendo con fenómenos o conceptos de la vida real. Además, el conjunto de recursos tecnológicos que utilizan son los mismos a los que se enfrentarán una vez que se integren al mercado de trabajo.

Quizá esta forma de abordar e iniciar al estudio de las ciencias y la tecnología a los estudiantes desde pequeños no sea la panacea, pero sí resulta una forma mucho más natural, integral, lúdica, holística, sistémica y sistemática de abordar estas áreas del conocimiento.

Presentación

Se han realizado innumerables intentos didácticos para dar cuenta de los procesos que facilitan la apropiación cognitiva. Empero, pocos se han inspirado en los trabajos de la Epistemología y la Psicología Genética. Estas han brindado diferentes posibilidades poco explotadas por otras corrientes pedagógicas. En Educatrónica, la Robótica Pedagógica se fundamenta en las ideas principales que están a la base de la Epistemología y la Psicología Genética y de otras teorías conceptuales y de didácticas especiales.

La Robótica Pedagógica se inscribe en una teoría cognoscitivista de la enseñanza y del aprendizaje. El aprendizaje se estudia en tanto que proceso constructivista siendo doblemente activo. Activo, por una parte, en el sentido de demandar al estudiante ser activo desde el punto de vista intelectual; y por la otra, solicita que el estudiante sea activo, desde el punto de vista sensorial de poner en práctica todos sus sentidos.

La Robótica Pedagógica privilegia el aprendizaje inductivo y por descubrimiento guiado. La inducción y el descubrimiento guiado se aseguran en la medida en que se diseñan y se experimentan las mismas situaciones didácticas constructivistas que permitirán a los estudiantes construir su propio conocimiento.

Dado el estilo polivalente y multidisciplinario de la Robótica Pedagógica, ésta puede ayudar en el desarrollo e implantación de una nueva cultura tecnológica, permitiendo el entendimiento, mejoramiento y desarrollo de tecnologías propias.

Cuando hablamos de realizar proyectos prácticos y colaborativos para aprender a aprender con tecnología y explicitar la filosofía de construcción y de control de distintos prototipos robóticos con fines meramente didácticos, pretendemos mostrar que es factible integrar pedagógicamente las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para que los estudiantes desde muy jóvenes se inicien en su práctica y experimentación, al mismo tiempo que se aplican en el estudio de las ciencias.

Uno de los principales objetivos de la robótica pedagógica es la generación de entornos de aprendizaje ideales, basados fundamentalmente en la actividad de los estudiantes. Es decir, ellos podrán concebir, desarrollar y poner en práctica diferentes robots educativos que les permitirán resolver algunos problemas y les facilitarán al mismo tiempo, ciertos aprendizajes.

Se trata de crear las condiciones de construcción y de apropiación de conocimientos y permitir su transferencia en diferentes campos del conocimiento.

Podemos observar que la robótica pedagógica se ha desarrollado como una perspectiva de acercamiento a la solución de problemas derivados de distintas áreas del conocimiento como las Matemáticas, las Ciencias Naturales y Experimentales, la Tecnología y las Ciencias de la Información y la Comunicación, entre otras.

Así pues, en Educatrónica aspiramos a mostrar claramente las bondades de la aplicación de la robótica pedagógica, particularmente en el campo de la educación. Para ello, en este libro se ha fraccionado su contenido en cinco grandes capítulos.

El primer capítulo comienza con las tecnologías de la información y la comunicación, la informática educativa y la interacción hombre-máquina para derivar en las interfaces. Enseguida aborda una descripción acerca de las teorías que sustentan a la robótica pedagógica, a saber: el constructivismo y el construccionismo. Asimismo, se fundamenta en la didáctica de las matemáticas para darle un tinte broussonianos a las situaciones didácticas construccionistas.

El capítulo segundo se enfoca a hacer un encuadre sobre los robots en el mito y en la ciencia. Se define el robot y la robótica. Se muestran sus propiedades características y se muestra la representación gráfica y funcional de un robot.

El capítulo siguiente da cuenta de los robots en educación. Define a la robótica pedagógica y detalla sus bondades, propiedades y se hacen reflexiones de tipo didáctico, psicológico, pedagógico y tecnológico.

En el capítulo cuarto se presentan algunos proyectos educativos para aprender a aprender con tecnologías de punta (robots educativos). En esta sección se detallan cada uno de los posibles proyectos, presentando las situaciones didácticas construccionistas que componen los diferentes diseños educativos. Se mencionan situaciones didácticas referidas a cada una de las fases (mecánica, eléctrica, electrónica e informática) en que está constituida la robótica pedagógica.

El quinto capítulo se refiere a la tecnología de los robots educativos. Se comienza por la fase mecánica: en esta fase se detallan las características de los mecanismos que dan cuenta de la estructura de los robots pedagógicos. Se continúa con la fase eléctrica, la cual permite la animación desde el punto de vista eléctrico de los robots pedagógicos. La fase electrónica expone el puente de comunicación entre la computadora y los robots pedagógicos. Se finaliza este capítulo con la fase informática. Aquí se mencionan las posibilidades de control que tienen los robots educativos a través de los lenguajes de programación informáticos.

Es importante mencionar que este libro es único en su género, e integra tanto la teoría como la práctica de la robótica pedagógica.

Para aprehender intelectualmente lo que significa controlar, comandar y pilotear una máquina o un sustrato tecnológico, y conceptuar sus elementos intrínsecos sin ser computólogo, programador profesional o ingeniero, es menester comprender los procedimientos del pensamiento informático. Este requerimiento se ha convertido hoy día en una necesidad insoslayable dada la evolución constante y vertiginosa de las tecnologías.

Existen numerosas investigaciones y aplicaciones en el campo educativo de la psicología cognitiva, recursos educacionales e inteligencia artificial que dan cuenta de la creación de sistemas expertos y de sistemas expertos basados en el conocimiento para el tratamiento automatizado de la información, la representación y el tratamiento del conocimiento; interfaces de lenguaje natural, creación de modelos y meta-modelos de cognición y aprendizaje; utilización de multimedios, telemática, teleinformática, tele enseñanza; currículo de tiempo real⁸ y, ahora, algoritmos genéticos⁹ y realidad virtual¹⁰.

Se han desarrollado asimismo sistemas informatizados para la concepción, desarrollo y creación de prototipos (hardware y firmware), como sería la robótica educativa, que permiten la formación científica y tecnológica y/o la expresión de emociones y sentimientos por parte de los usuarios de estas tecnologías. Además, con el acceso directo mediante tecnologías apropiadas a los grandes bancos de información y redes internas y externas, puede lograrse la conexión entre diferentes medios para permitir estimular el desarrollo cognitivo de los estudiantes.

No obstante lo anterior, una buena parte de las tecnologías educacionales aplicadas no consideran una intervención pedagógica pertinente que otorgue una formación integral de base a los estudiantes para desarrollar lo mejor posible sus potencialidades cognitivas.

En el caso del aprendizaje de las tecnologías, es importante considerar durante la intervención pedagógica sus dos principales características: el factor abstracción y el factor complejidad. El factor abstracción implica la posibilidad de representarse mentalmente el funcionamiento del sistema tecnológico para hacerlo funcionar bien, y el factor complejidad permitirá conocer, utilizar y dominar las funciones y componentes de los sistemas tecnológicos en estudio.

Sería deseable que, durante el manejo de estas tecnologías, la intervención pedagógica permitiera también, en un primer momento, considerar las ideas preconcebidas y erróneas de los estudiantes (falsas generalizaciones, asociaciones no significativas, utilización de estructuras de manera superficial, etcétera), así como algunos de las dificultades más comunes en el aprendizaje: incomprensión de los distintos niveles del hardware y software; desconocimiento de las potencialidades reales de los sistemas tecnológicos,

⁸ Se refiere a la posibilidad de que cada individuo que forma parte de un curso o grupo, cree su propio currículo en tiempo real, en función de sus propias necesidades e intereses.

⁹ Es una técnica de programación que imita a la evolución biológica como estrategia para resolver problemas.

¹⁰ Plantea la relación estrecha que existe entre el hombre y las imágenes de síntesis.

así como el uso y manejo de manuales de referencia y guías del usuario; problemas para transferir los conocimientos de un sistema a otro; incapacidad de representación mental del sistema en general, y por último, impotencia para desarrollar estrategias poderosas de resolución de problemas mediante la comunicación natural con una computadora, esto es, a través del uso y desarrollo de un programa de computación (software).

Algunas de las investigaciones realizadas en el área de las ciencias y la tecnología han identificado aquellos medios ambientes de aprendizaje que podrían ofrecer mejores oportunidades para el desarrollo de habilidades intelectuales. También se ha demostrado que el descubrimiento personal del alumno a través de un proceso continuo de construcción del conocimiento resulta más eficaz que la enseñanza magistral de cualquier objeto de estudio, como las matemáticas o la informática. No obstante, existen todavía algunas preguntas que no han obtenido respuestas satisfactorias: ¿Qué medio ambientes y qué actividades privilegiar?, ¿cuáles son las actividades y herramientas con las que debe dotarse a los estudiantes para favorecer en ellos el aprendizaje de la informática en general y de la robótica en particular?, ¿cómo aplicar estas ideas en las escuelas en donde cuentan únicamente con una computadora?, ¿qué lenguajes de programación deben utilizarse?, ¿qué pedagogía favorecer?, ¿pueden considerarse los jóvenes como programadores, matemáticos, tecnólogos, más que como experimentadores que trabajan a partir de lo concreto?

Lo que se pretende aquí es mostrar las potencialidades y bondades que ofrece la robótica como medio de integración para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología durante el recorrido cognoscitivo. Esto es, mostrar los obstáculos que se presentan, la naturaleza y grado de generalidad de los conocimientos, etc., y analizar con detalle una actividad didáctica para determinar su riqueza potencial desde el punto de vista intelectual.

Gran número de métodos de enseñanza para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología conducen a la memorización de algunas nociones o conceptos con una secuencia lineal. Esta manera de enseñar presupone la comprensión previa de ciertos conceptos abstractos, los cuales no necesariamente han adquirido los estudiantes.

Existe una ruptura en el desarrollo cognitivo de los jóvenes, determinada, por un lado, por la ausencia de relación entre la utilización y el significado de los conceptos aprendidos y las situaciones que viven cotidianamente los estudiantes, y por otro lado, por la forma de enseñanza que reciben. Podemos decir, en general, que la enseñanza tradicional de las ciencias y las tecnologías se basa esencialmente en un conocimiento o una experiencia lógico-matemática del alumno, y muy poco en su experiencia práctica. Nosotros consideramos que es precisamente esta experiencia práctica la que permite al estudiante organizar este medio ambiente de ciencia y tecnología de una manera más sencilla.

De esta convicción se deriva la siguiente pregunta: ¿puede lograrse que los jóvenes estudiantes construyan sus propias representaciones y conceptos de ciencia y tecno-

logía en general y de robótica¹¹ en particular, utilizando su experiencia práctica en la manipulación, planificación y resolución de problemas concretos? Esto es, tratamos de verificar si los jóvenes son capaces de construir conceptos de ciencia y tecnología útiles para la programación y el control de dispositivos tecnológicos mediante el diseño, el armado, la construcción y el control de robots educativos.

Para lograr que los alumnos construyan eficazmente una base de conocimientos en ciencias y tecnología, les permitiremos la manipulación y el control de entornos robotizados al tiempo que resuelven problemas concretos. Esto quiere decir que se parte de la experiencia práctica directa en medio ambientes propicios para pasar de un sistema de representaciones iniciales a otro más estructurado, indispensable para la construcción del conocimiento.

Esta manera concreta de trabajar en la manipulación de objetos constituye un recurso didáctico que permite depurar las estructuras formales sobre las cuales se basará nuestra acción educativa, esto es, las estructuras mentales se volverán objetos controlables.

Por su parte, los alumnos deberán realizar ciertas actividades para comprender el problema a resolver o la consigna a la que serán convocados; probarán hipótesis, estrategias, soluciones y algoritmos; harán ejercicios de entrenamiento; discutirán y propondrán nuevas soluciones. Poco a poco conformarán un lenguaje que responderá a una nomenclatura convencional, de suerte que el saber no aparecerá ante ellos como algo fantástico.

La posibilidad de integración de las diferentes áreas del conocimiento implicadas en el estudio de la robótica como disciplina debe permitir a los alumnos la organización y construcción del saber y la adquisición de nuevos conocimientos que no sean meramente descriptivos. Se trata de integrar los conocimientos previamente adquiridos y los nuevos en una perspectiva diferente. Este enfoque, análogo al de la pedagogía del objeto técnico, hace una llamada al razonamiento lógico y a la posibilidad de exploración de las potencialidades (manejo a placer del tiempo y del espacio) de la computadora, lo que lo convierte en un enfoque pedagógico más rico y eficaz.

Conforme los alumnos manipulan¹² y controlan la situación sin ser conscientes de la dificultad que implica la construcción de ese conocimiento en particular, irán reuniendo los requisitos necesarios para manipular mentalmente aún en ausencia del objeto exterior, y podrán solucionar problemas concretos y a la vez problematizar, en un medio ambiente de juego y de ciencia. Esta atmósfera es adecuada para llevar a feliz término el proceso de resolución de problemas.

¹¹ La robótica se refiere a la concepción, diseño, construcción y control de dispositivos electromecánicos programables.

¹² Manipular en dos sentidos: el primero desde el punto de vista piagetiano, se refiere a la posibilidad real de trabajar con objetos concretos que tienen que ver con un entorno; el segundo se refiere al trabajo con manipuladores-mano, que tienen funciones tan complejas como la coordinación de dos o tres movimientos de dos o tres falanges, o falangetas de dos o tres dedos, al mismo tiempo.

Para ello, los alumnos deberán saber que un entorno robotizado consta de cuatro sistemas. Un sistema mecánico y otros tres que corresponderán al área eléctrica, electrónica-informática: de percepción, control y comunicación.

El sistema mecánico. Está formado por los mecanismos, actuadores y tornillos, así como el equipo de perirrobótica complementario, el cual permite la correcta realización de las tareas requeridas.

El sistema de percepción. Está integrado por los transductores y circuitos electrónicos asociados que permiten la generación de señales eléctricas para mostrar el estado de su entorno significativo.

El sistema de control. Está constituido por uno o varios procesadores para interactuar con los otros sistemas.

Por último, *el sistema de comunicación hombre-máquina.* Permite al usuario la comunicación con el robot para darle las instrucciones que conforman tareas específicas.

Los alumnos aprenderán a armar (equipos Logo, Fischertechnik o meccanos), diseñar y construir sus propios robots educativos (con materiales de recuperación). Dividirán el diseño, armado y construcción de los microrrobots educativos en cuatro etapas o fases educativas: mecánica, eléctrica, electrónica e informática. Después de estudiar cada una de estas fases, los estudiantes habrán comprendido las características tecnológicas de la estructura de un robot prototipo.

Durante el estudio de la estructura mecánica del robot, los estudiantes aprenderán los conceptos necesarios para el montaje mecánico (etapa mecánica) del prototipo de robot; entre otros, el de engranajes, poleas, ejes, articulaciones, grados de libertad, de movilidad, etcétera. En esta fase se dota al robot de una estructura sólida, por lo que es necesario hacer buenas conexiones con articulaciones mecánicas e incorporar motores para que puedan controlarse posteriormente los movimientos del robot, ya sea en forma manual o automática.

Para animar su robot (etapa eléctrica), los estudiantes entrarán en el estudio de los accionadores, con los cuales dotarán de movimiento a sus prototipos. Los alumnos aprehenderán las diferencias que existen entre los diversos tipos de motores que podrán seleccionar y utilizar, de acuerdo con su proyecto (motores de corriente continua, de corriente alterna, de paso, hidráulicos, etcétera).

Después del montaje mecánico-eléctrico, se estudiarán ciertos dispositivos llamados sensores, los cuales permitirán al robot conocer su posición para distinguirla del espacio de trabajo en donde deberá actuar. Los sensores podrán ser analógicos, digitales, táctiles, etcétera, y se utilizarán en función de los prototipos desarrollados o armados.

Pero un robot que no se puede controlar no será un robot; por lo tanto, los estudiantes deberán aprender que existe una interfaz de hardware entre el robot construido y la

computadora, lo que les permitirá controlarlo (etapa electrónica). En esta etapa electrónica se requiere la computadora para poder definir el movimiento de los motores, así como para determinar la posición del robot en cada momento (disociar el espacio propio del robot del espacio en donde éste va a actuar). Para que el robot pueda ubicarse, tocar o transportar objetos, se le colocan sensores que emiten señales, las cuales son captadas y traducidas por la computadora para activar simultáneamente salidas que corresponden a los movimientos de sus miembros o articulaciones. La interfaz que sirve de puente entre la computadora y el robot debe estar diseñada en función de las características de los motores y sensores.

Los alumnos comprenderán entonces que deberán desarrollar un programa, interfaz de software (etapa informática), en algún lenguaje de programación (a partir de su lenguaje natural), de manera que puedan tener el control del robot ya desarrollado. En este caso puede ser un lenguaje muy sencillo, con características importantes desde el punto de vista didáctico-pedagógico, me refiero en este caso al lenguaje Logo (cualquiera de sus variantes).

Las posibilidades de explotación de un proyecto de armado, diseño y construcción de prototipos didácticos son vastas. Tocaban conceptos y conocimientos sobre principios de ingeniería mecánica, (engranajes, poleas, dibujo técnico, diseño mecánico, procesos de manufactura, ensamblaje, mecanismos, transmisores, etc.); de física (fuerza, trabajo, energía, medición, leyes de Newton, etc.); de electricidad (cargas eléctricas, corriente, voltaje, pilas, batería, diferencia de potencial, ley de Ohm, componentes eléctricos, etc.); de electrónica (circuitos electrónicos, sensores, temporizadores, sistemas analógicos y digitales, memorias, etc.); de informática (concepto de comando, instrucción, variable, procedimiento, programa, recursividad, concurrencia, paralelismo, secuenciación, pasada de parámetros, combinación de estructuras de control, condición, etc.); y de inteligencia artificial (la posibilidad de hacer “inteligente” el programa que controla el dispositivo robótico desde el punto de vista lógico y computacional).

Es importante mencionar que las posibilidades de éxito en esta etapa de iniciación de los estudiantes jóvenes en el estudio de la ciencia y la tecnología en general y de la robótica en particular, dependerá en gran medida de la situación didáctica a la cual sean convocados, es decir, se necesita prever un conjunto de consignas didácticas que permitan a los estudiantes involucrarse poco a poco en un medio ambiente propicio para el descubrimiento y la exploración de fenómenos y de conceptos de ciencia y tecnología.

A pesar de lo anterior, estamos convencidos de que la simple introducción de nuevos medios educacionales en la enseñanza no ayudará a elevar su calidad mientras el contenido y el método de enseñanza no varíen.

Para lograr aprendizajes significativos en nuestros estudiantes, inmersos en un medio ambiente de experimentación y exploración, es necesario utilizar la computadora y de-

más dispositivos tecnológicos como facilitadores no sólo del acceso a la información, sino también a su administración, gestión, control y exploración; como medios que permiten el diálogo pedagógico con el estudiante, de la manera más natural posible, y la comunicación educativa con otras personas a distancia; que permiten la identificación y corrección inmediata de errores, la solución de problemas de diferentes niveles, la construcción de conceptos y conocimientos, y la formación del razonamiento lógico. Medios, por último, que brindan la posibilidad de que el alumno se “convierta” eventualmente en ese robot que él ha construido, para poder comunicarse con él y explorar todas y cada una de sus potencialidades. Es una manera de “vivir” la información, aunque parezca de manera virtual, pero es quizá mucho más real, porque aquí el alumno proyecta todos sus sentidos en el robot y puede realmente vivir esa información.

Así, a través de esta experiencia, los estudiantes aprenden a diseñar, construir y armar pequeños robots educativos, al mismo tiempo que aprenden conceptos relacionados con las disciplinas duras; y al final, se muestran muy motivados para continuar en el estudio de las ciencias y la tecnología.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA EL APRENDIZAJE

Es importante tener en cuenta que la mayoría de los materiales utilizados durante las situaciones didácticas constructivistas son materiales de recuperación. Esto quiere decir que al mismo tiempo que los alumnos construyen sus conocimientos, no es ajeno para ellos el hecho de considerar que muchos de los materiales que necesitarán durante sus desarrollos pueden ser materiales de reciclaje o de recuperación. De esta manera, ellos podrán comenzar a cuestionarse y a tener una posición crítica¹³ frente al uso indiscriminado de la tecnología, así como de materiales nuevos. Por ejemplo, se trabaja con cartón, acrílico, madera, fibracel, unicele, desechos de otros materiales y motores y servomecanismos ya usados. Asimismo, es importante que utilicen lo menos posible las pilas alcalinas. En el caso de que las utilicen, es importante que éstas sean recargables. Por otra parte, las computadoras que se utilizarán son computadoras de desecho, esto quiere decir que pueden ser computadoras desde 8088 hasta 486 o Pentium I o II. También pueden utilizarse computadoras con otros procesadores. El único requisito indispensable es que tengan puerto paralelo. Esto, porque es el puerto paralelo el que se utiliza para programarlo y conectarlo a los robots para que puedan ser controlados. En el caso en

¹³ Una forma de ayudar a los alumnos a formarse una posición crítica frente a la tecnología, es permitiendo que realicen lecturas de ciencia ficción. Se pueden hacer dos lecturas completamente antagónicas en el mismo grupo; una lectura a favor de la tecnología y otra en contra de la tecnología, y pedirle a la mitad del grupo que se encargue de exponer, reflexionar, criticar y sustentar la lectura a favor de la tecnología y lo mismo para la otra mitad del grupo, pero en contra de la tecnología. Se logran reflexiones muy interesantes, al mismo tiempo que se forjan una posición crítica frente a la tecnología, en tanto que usuarios y desarrolladores de tecnología. Los cuentos de Isaac Asimov y los de Ray Bradbury son ideales para este propósito.

que no contáramos con computadoras, tenemos resuelto el problema ya que desarrollamos un servomecanismo que se basa en el principio del piano-pianola¹⁴. Esto quiere decir que únicamente con un pedazo de madera, un motor y unos interruptores, podemos programar uno o varios robots, utilizando diferentes cuñas para la programación, como se puede ver en las imágenes del apartado de programación de robots educativos sin computadora.

EL DISEÑO DE LAS SITUACIONES DIDÁCTICAS

El saber puede aparecer como una colección de procedimientos y de declaraciones más o menos organizadas, transmitidas por el pasado y que sirven de referencia cultural o científica en las actividades intelectuales y en los informes sociales. La enseñanza no puede consistir solamente en memorizar citas. Por ejemplo, se ha mostrado que no es suficiente saber contar para poder buscar el número exacto de corcholatas que le son presentadas a un niño. En esta situación el saber aparece como un medio para el alumno con el objetivo de visualizar, anticipar, probar y controlar sus estrategias. Cada alumno debe responder y adaptarse a diferentes situaciones; a resolver responsablemente problemas diferentes según los saberes objetivados.

El niño aprende y comprende pues, haciendo funcionar el saber. El sistema educativo debe plantear situaciones que hagan funcionar este saber.

La didáctica de las matemáticas¹⁵ estudia y clasifica esas situaciones y distingue diferentes funciones:

- Decisiones que toman las situaciones de acción.
- Modificaciones del lenguaje que su comunicación necesita.
- Problemas, preguntas y pruebas en los debates sobre su validez.
- Referencias en particular en los informes sociales.

Los estudios han mostrado que esas situaciones deben presentar ciertas características.

Para permitir la adaptación de los alumnos, deben conducirlos a tomar numerosas decisiones, y en vista de las consecuencias, a modificarlas cuantas veces sea necesario.

Para el funcionamiento del saber, las situaciones deben permitir diversas estrategias, correspondientes a los diferentes puntos de vista. Sean estos pertinentes o no.

¹⁴ Véase el apartado dedicado a la programación de un robot pedagógico sin computadora.

¹⁵ Douady Régine "À propos de la didactique des mathématiques à l'heure actuelle". En *Cahier des Mathématiques*, Núm. 6, París.

Irremediablemente, las situaciones didácticas deben exigir por parte del alumno un proyecto personal y relaciones sociales variadas: comunicaciones, debates y/o negociaciones con otros alumnos, con el docente, etcétera.

Las situaciones que satisfacen estas condiciones son pues, muy complejas y difíciles de generar. Se les encuentra raramente en la enseñanza tradicional porque el docente tiene generalmente la responsabilidad de provocar, recibir, de corregir y de interpretar todas las respuestas significativas de todos y cada uno de sus alumnos. Las respuestas que la didáctica ha podido producir y que son generables porque aseguran auto correcciones suficientes son pues, las más difíciles de comunicar a un docente.

Así, cada saber está caracterizado por toda una familia de situaciones que se obtienen haciendo variar ciertas condiciones que tienen una influencia bajo el saber producido.

Aquí podemos distinguir variables didácticas¹⁶ que en cuanto se actúa sobre ellas, permiten adaptar, regularizar y aprender, produciendo cambios en las estrategias al pretender encontrar la solución de un problema.

El intervalo de valores que nos interesa de estas variables didácticas es aquel en donde estas resultan determinantes para la apropiación del conocimiento a que la situación didáctica lo está enfrentando.

Dentro de estas variables didácticas, se destacan las variables comando¹⁷, las cuales pueden ser manipuladas por el docente para hacer evolucionar los comportamientos del alumno.

Es difícil que se diseñe tan sólo una única situación para que el niño construya un conocimiento. Pueden existir varias situaciones, pero consideraremos como situación fundamental a aquella capaz de engendrar a todas las demás, mediante la asignación de diferentes rangos de valores a las variables que la caracterizan.

Brousseau ha mostrado la importancia de la situación para la actualización y funcionalización del conocimiento académico.

El sujeto que aprende necesita construir por sí mismo sus conocimientos mediante un proceso adaptativo.

“...que el saber aparezca para el alumno, como un medio de seleccionar, anticipar, ejecutar y controlar las estrategias que aplica a la resolución del problema planteado por la situación didáctica.”¹⁸

¹⁶ Artigue, Michèle (1985). “Modelisation et Reproductibilité”. En *Cahier de Didactique des Mathématiques*. Núm. 8. IREM de l'Université de Paris VII.

¹⁷ Artigue, Michèle (1985). “Modelisation et Reproductibilité”. *Op. cit.* pp. 5-7.

¹⁸ Gálvez, Grecia (1985). *El aprendizaje de la orientación en el Espacio Urbano*. Tesis Doctoral. DIE-CINVESTAV-IPN. Pp.8-18.

En suma, se trata de enfrentar a los alumnos a una situación que evolucione de tal manera que el —conocimiento— que se quiere que aprendan sea el único medio eficaz para controlar dicha situación.

El alumno construye así un conocimiento contextualizado, a diferencia de las secuenciaciones escolares anteriores a la reforma educativa, en donde la búsqueda de aplicaciones de los conocimientos era posterior a su presentación, resultando así descontextualizado.

Esas situaciones muy numerosas y cada una muy compleja, forman una familia estructurada de manera tal, que es bien difícil de conocerlas, identificarlas, reproducirlas y de utilizarlas fácilmente conservando sus propiedades.

La introducción de la robótica en el salón de clases abre en este dominio grandes posibilidades de mejoría, de manera que la presentación a los alumnos de ciertos conceptos¹⁹ es ahora posible.

Los aportes de esta didáctica no se reducen a eso que puede meterse en la computadora, y su uso no es más que un momento especial del proceso. El aprendizaje lo consigue después de²⁰:

- Buscar comprender la situación.
- Elaborar sus estrategias.
- Debatir con otros alumnos las preguntas surgidas.
- Comunicar las soluciones.
- Memorizar ciertos procedimientos.
- Realizar ejercicios de entrenamiento.

Esto es, cada alumno debe poder, en el momento que quiera, probar sus estrategias o soluciones y practicarlas cuantas veces lo considere necesario en la computadora. De manera que una sola computadora en una clase puede mejorar considerablemente el rendimiento del alumno con el saber, con su aprendizaje y con el docente.

Una vez determinados estos problemas, y antes de presentar las situaciones didácticas, reflexionamos un poco en cuanto a los roles que juegan los principales protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje en el marco de esta didáctica.

¹⁹ Por ejemplo, los conceptos de paralelismo, de recursividad, de sistema de coordenadas polares, esféricas; el concepto de voltaje y corriente, por mencionar algunos.

²⁰ Gálvez Grecia. *Op. Cit.* Pp.14-15.

ACTUACIÓN DEL ALUMNO

Cada alumno deberá ser capaz de realizar actividades encaminadas a la construcción del concepto, de probar sus propias estrategias y soluciones al problema planteado, es decir, buscará comprender la situación, elaborará sus estrategias, debatirá con otros compañeros preguntas relevantes, comunicará sus soluciones, memorizará ciertos procedimientos y, finalmente, hará ejercicios de entrenamiento.

Para resolver un problema los niños construyen todo un proceso en el cual van desechando ideas o procedimientos sea por laboriosos, sea por insuficientes e ineficaces. Una vez resuelto éste, el saber no será algo mágico que el docente transmite a los alumnos para que a su vez éstos resuelvan problemas.

Este intento y búsqueda de solución a algún problema va reflejando paulatinamente el pensamiento de los niños hasta llegar a constituirse en un lenguaje con una notación convencional.

ACTUACIÓN DEL DOCENTE

El docente debe ser capaz de provocar la adaptación en el alumno; debe escoger el problema de tal forma que el alumno pueda aceptar la situación y evolucionar. Se trata de un momento en la situación didáctica (casi aislado) en el que el docente no interviene más que como productor o proponente de conocimiento (proposición y cambios en la consigna).

El docente debe proveerse los medios de provocar las manifestaciones de conocimientos. Él tiene la necesidad de desarrollar una tipología de situaciones y de conocimientos. El saber se manifestará por las decisiones, la manera de hacer, las declaraciones y sus construcciones.

El rol del docente es “proponer situaciones al alumno”; él no formula el saber, da solamente la consigna, con una cierta enseñanza para motivar al alumno.

Existe una contradicción entre la proposición de la consigna bajo la forma de juego y la adquisición del saber: el juego permite motivar por el placer, pero si el saber interviene, ya no hay más juego.

El docente debe tener claro hasta dónde y cómo participar para no limitar el proceso de aprendizaje del niño, hasta cuándo ayudarlo a fijar metas, cómo guiarlo en la búsqueda de soluciones sin limitar su curiosidad y su impulso explorador propio.

De esta didáctica podemos extraer:

- Interés.

- Verbalización precisa del proceso que sigue para aprender y resolver problemas en las situaciones didácticas.
- Motivación para experimentar y arriesgar.
- Actitud positiva ante errores que él mismo descubre (realimentación).
- Cooperación para realizar proyectos y compartir experiencias.
- Confianza.
- Seguridad.

Así entonces, no debemos olvidar que las situaciones construccionistas que desarrollaremos a continuación tendrán un matiz broussoniano y deberán en general, responder a los siguientes lineamientos que plantean Mandón y Marpegán y que quedan expresados puntualmente en lo siguiente.²¹

- Ser comprensibles y resolubles por los alumnos: ni demasiado fáciles ni demasiado arduas. Los alumnos deberán ser capaces de poder imaginar o prever soluciones posibles, sin que éstas sean evidentes ni inmediatas.
- Ser adaptables a diferentes grupos y niveles de alumnos y a diferentes circunstancias (adaptando las variables didácticas de la situación para que sean pertinentes²²).
- Ser motivadoras para la acción: representar un desafío. El alumno debe apropiarse de la situación, hacerla suya. Las situaciones deben ser “contextuales” para el alumno y producirse una “personalización” de las mismas.
- Escapar de la rutina para estimular la creatividad.
- Frecuentemente contener información insuficiente y/o superflua para evitar que la solución esté condicionada por los datos.
- Ser suficientemente abiertas como para que el alumno pueda visualizar cuestiones no explícitas en las consignas, estimulando así la utilización de procedimientos múltiples y diversos.
- Tener la posibilidad de variadas soluciones.

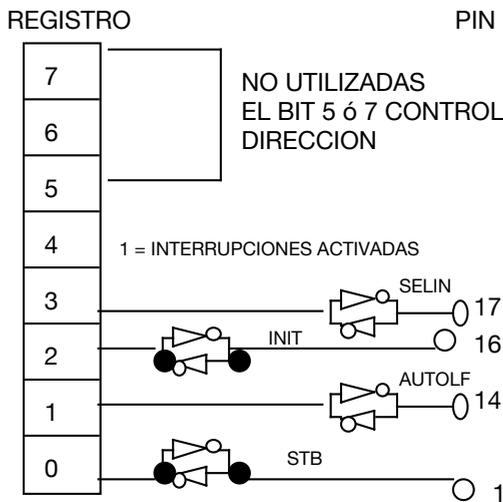
²¹ Mandón, M. J., Marpegán, C.M. “Hacia una modelización de situaciones didácticas en tecnología”. Disponible en: http://www.tecnologia.mendoza.edu.ar/teoria_download_pdf/ModelizacionDidactica.pdf

²² La pertinencia de las variables didácticas tiene que ver con toda la complejidad de la situación de aprendizaje desde un punto de vista sistémico: los niveles de los alumnos, sus conocimientos anteriores, las restricciones de la consigna, el tipo de la cantidad de los datos, los recursos disponibles, etc.

Líneas de control

Además de los registros de estado y de datos, el puerto paralelo contiene un registro bidireccional de control. Se pueden utilizar las cuatro líneas como entrada o como salidas o combinándolas. La dirección de la memoria que ha sido asignada al registro de control, es la dirección base más 2. Las cuatro líneas usan los bits 0 a 3 en el registro, el cual corresponde a los pines 1, 14, 16 y 17 en el conector.

REGISTRO DE CONTROL 4 LINEAS BIDIRECCIONALES



LÍNEAS DE CONTROL DEL PUERTO PARALELO

Para escribir en las líneas de control se escribe en el registro de control. Si utilizamos nuevamente la sentencia OUT del lenguaje de programación BASIC, tenemos que para escribir el valor binario 1010, la sentencia debe ser: OUT &h3BE, &h0A.

Para el uso de este registro debemos considerar que en el conector, los valores de los dígitos binarios en los bits 0, 1 y 3 (pines 1, 14 y 17 respectivamente) son los complementos de sus estados lógicos y que únicamente el valor binario del bit 2 (pin 16) se lee normalmente.

Enseguida se muestra el diagrama electrónico de la interfaz.

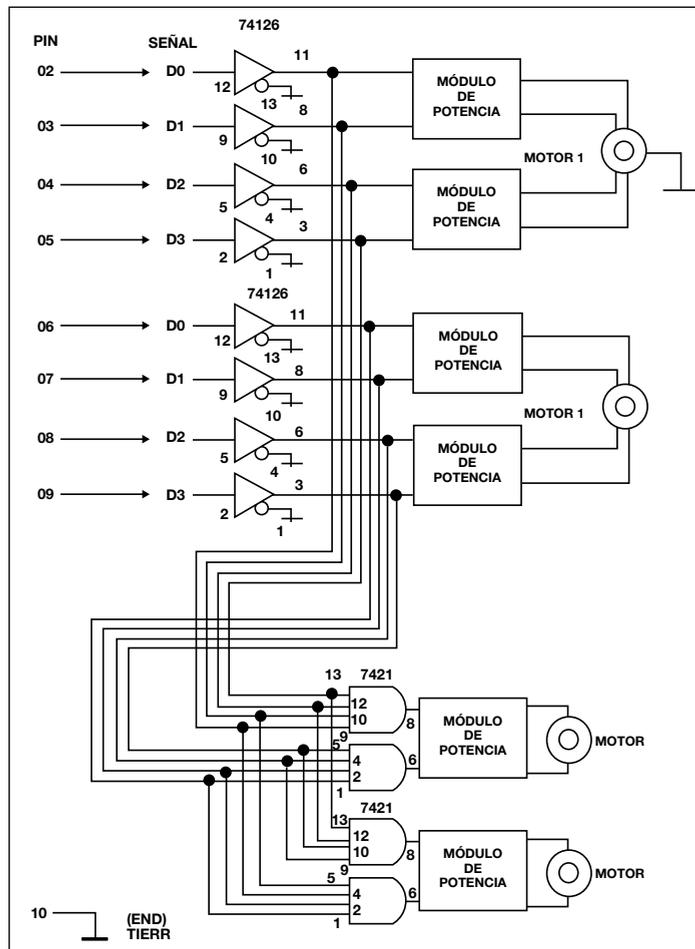


DIAGRAMA ELECTRÓNICO DE LA INTERFAZ

Interfaz para el puerto paralelo de las microcomputadoras XT mediante el circuito integrado 74HC688 (Comparador de magnitud)

Interfaz PC-Tarjeta

Emplear un PC para interactuar con algún dispositivo implica el uso, por regla general, de los puertos serial o paralelo, y con ello se requiere programar dichos puertos. Sin embargo, éstas cuentan normalmente con ocho ranuras de expansión “slots” para la conexión de tarjetas que permiten el manejo de dispositivos periféricos, los cuales al interactuar con la PC incrementan su potencialidad de trabajo al conjuntarse todos estos recursos. Se tienen como ventajas el poder diseñar una interfaz acorde a nuestras

necesidades y así poder establecer un protocolo de comunicación propio y algunas ventajas como el acceso al mapa de memoria de la PC.

Los dispositivos a conectar en un *slot* deben observar una serie de lineamientos par asegurar el correcto funcionamiento de la computadora cuando éstos quedan instalados a través de éste.

El *slot* de una PC tipo XT, cuenta con: un *bus* de datos de 8 bits (D0, D1,...,D7), un bus de direcciones (A0, A1,...,A19) en el cual se puede direccional hasta 1 *Mbyte* de memoria así como señales de control y líneas de alimentación (+5, -5, +12, -12 voltios de DC y GND). Este conjunto de líneas permite recibir y enviar información entre la PC y los dispositivos conectados al *slot*. Para la utilización de la interfaz es necesario trabajar en un espacio libre de memoria y/o de puertos en los mapas de memoria y puertos de la máquina para no interferir con otros dispositivos y/o memorias ya instalados. Véase la Figura 5.1 *slot* de una PC tipo XT.

De acuerdo a lo antes expuesto la interfaz que se propone emplea el *slot* de la PC, con lo cual se cubren los requerimientos para el control de motores de pasos y de corriente directa, además de tener la opción de aceptar información digital externa. Para hacer una descripción del funcionamiento y componente de la interfaz se presentan tres módulos: módulo de decodificación PC-tarjeta; módulo de puertos de entrada, salida y reloj y; módulo de control de motores a pasos. Cada uno de ellos tiene una o más funciones específicas.

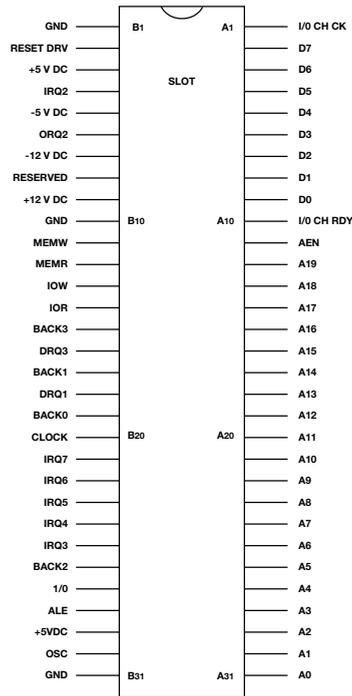


Figura 5.1. *slot* de una PC tipo XT.

Módulo de decodificación PC-Tarjeta

Este módulo tiene como función principal establecer el enlace entre el *slot* del PC y la interfaz de la sección de puertos de entrada y salida de la misma. Físicamente lo que se hace es una extensión del *slot* de la PC hasta los circuitos integrados empleados en la decodificación y para validar una dirección dentro del mapa de puertos de la PC. Se cuenta con los siguientes componentes:

Un comparador de magnitud 74HC688, véase Figura 5.2, con el cual se comparan las líneas del bus de direcciones A3,...,A9 provenientes de la PC (habilitada desde el programa de aplicación) y una dirección base programada con el bando de interruptores (Véase Figura 5.3).

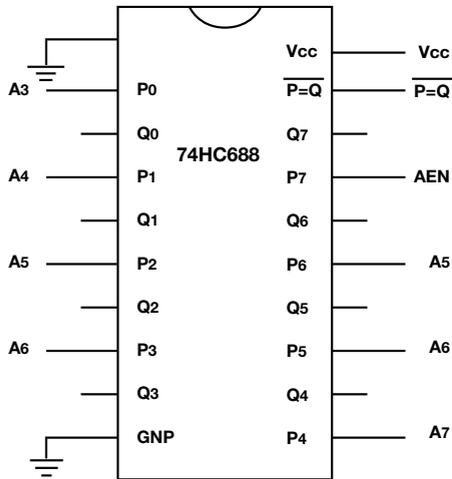


Figura 5.2. Comparador de magnitud 74HC688.

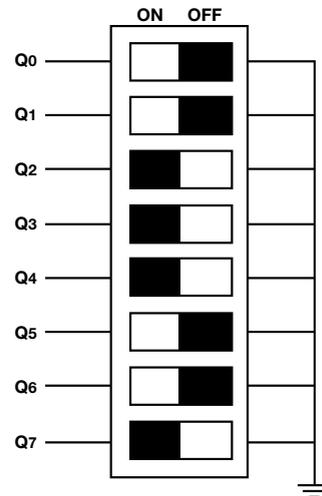


Figura 5.3. Banco de interruptores (dirección base \$ 318)

La señal AEN (Address Enable) también se involucra en la comparación, debido a que permite validar la información presente en el *bus* de direcciones. AEN es enviada por el controlador de Acceso Directo de Memoria (DMA) del PC e indica que un ciclo DMA está en progreso.

Cuando las direcciones A3,...,A9 y la dirección base son iguales y además la señal AEN es baja, se tiene la dirección en el espacio de puertos escogido (318H), a partir de la cual se ubicarán los puertos de entrada y salida de la interfaz.

Un buffer bidireccional 74LS245, véase Figura 5.4, que habilita un *bus* octal entre la PC y la tarjeta, logrando tener el bus de datos del PC (8 bits) para el control de los motores y la entrada de información.

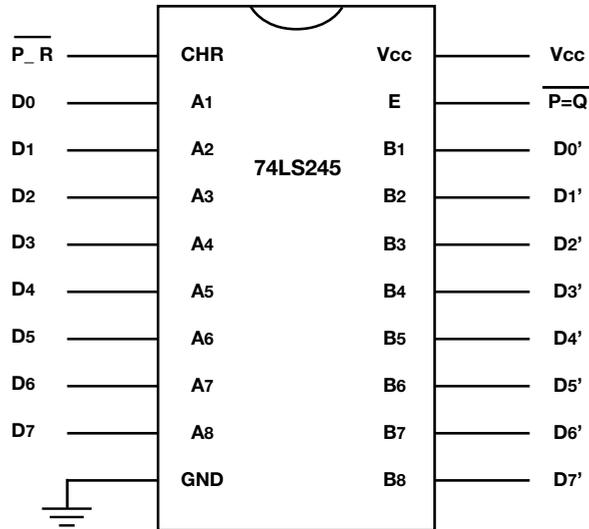


Figura 5.4. Buffer bidireccional 74LS245 (DIR 0 => B ->A, DIR 1 => a ->B).

Un buffer unidireccional 74LS374, véase Figura 5.5, para disponer en la tarjeta del bus de direcciones del PC (8 bits únicamente) y con ello identificar los puertos de entrada y salida.

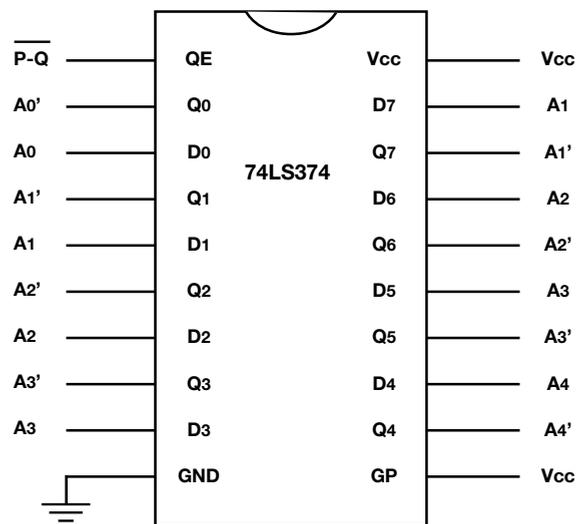


Figura 5.5. Buffer unidireccional 74LS374.

Compuertas OR 74LS32, Figura 5.6, y un decodificador 74LS139, véase Figura 5.7, empleados en la decodificación de los puertos de entrada y salida.

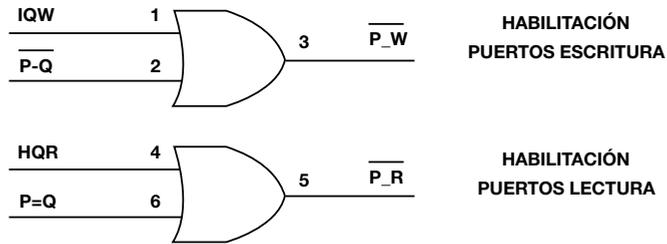


Figura 5.6. Compuertas OR 74LS32.

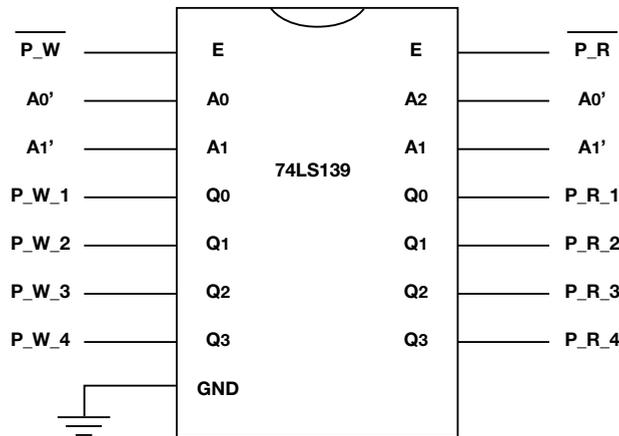


Figura 5.7. Decodificador 74LS319.

Módulo de puertos de entrada, salida y reloj

- En este módulo se encuentran los circuitos integrados 74LS373, que efectúan las funciones de los puertos de entrada y salida. Se pueden habilitar cuatro puertos de entrada y cuatro de salida, los cuales tienen como características:
- Puertos de entrada: físicamente se tienen dos puertos de entrada los cuales reciben información digital de 8 bits cada uno.
- Puertos de salida: físicamente se tienen dos puertos de salida cada uno de ellos puede controlar cuatro motores de pasos (requieren 2 bits de información para controlar un motor de pasos) o bien para ocho motores de corriente cada uno controlado con un *bit* de información.

- Son habilitados desde el programa de aplicación, vía la dirección base y el número de puerto de salida o entrada mediante el decodificador de figura 7.

En este módulo se cuenta con un reloj que es empleado en los circuitos de control de los motores de pasos, este es implementado con un *timer* 555, en su configuración estable ($f = 1 \text{ Hz}$). Véanse Figuras 5.8 a 5.11.

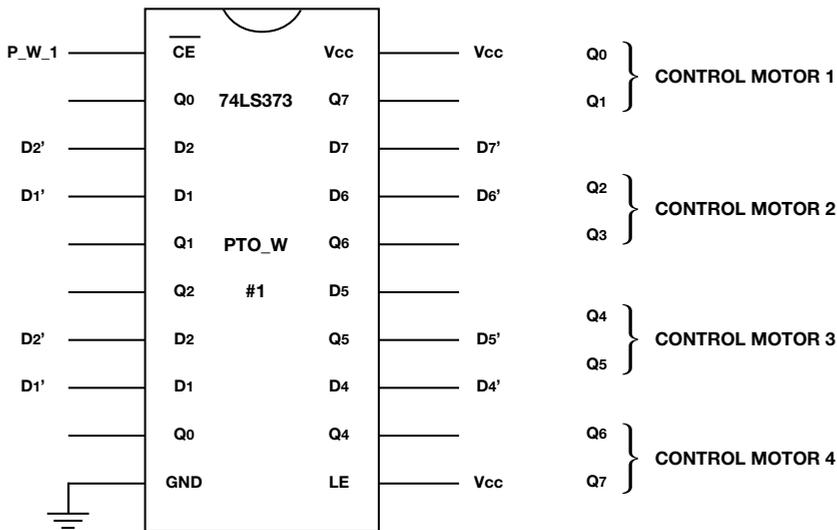


Figura 5.8. C.I. 74LS373, habilita PTO_W # 1.

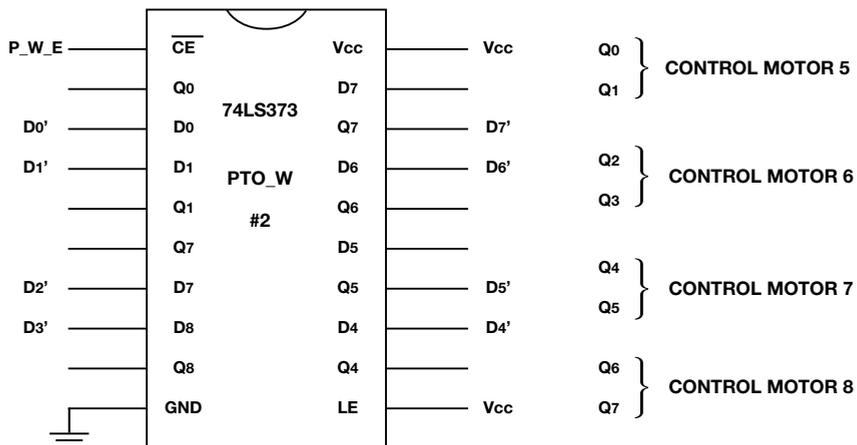
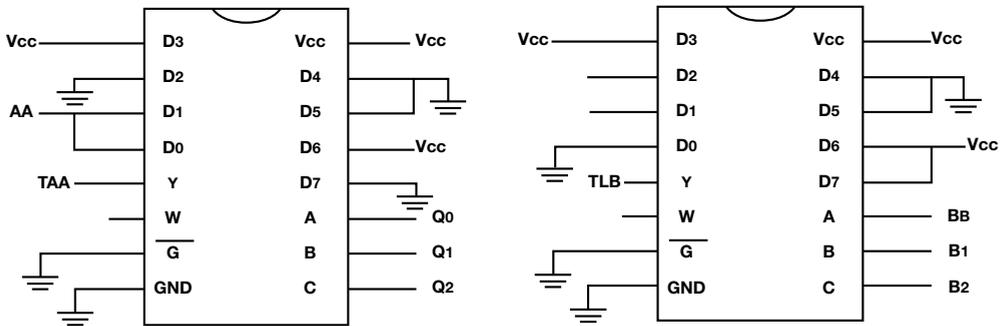


Figura 5.9. C.I. 74LS373, habilita PTO_W # 2.

S1	S2	Función
0	0	Reset
0	1	Conteo ascendente
1	0	Mantener cuenta
1	1	Conteo descendente

La implementación del mismo es mediante los multiplexores 74LS151 Figuras 5.12 y 5.13 y flip-flop's J-K 74LS73 Figura 5.14.



Figuras 5.12. y 5.13. Multiplexor 74 LS151.

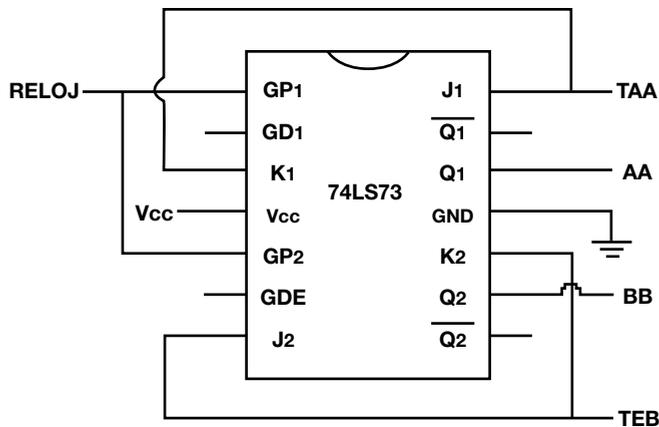


Figura 5.14. Flip-flop J-K 74LS73.

La información del estado del contador, es decir, la cuenta que se tiene, es empleada en un decodificador 74LS139, Figura 5.15 del cual se obtiene la secuencia de pulsos necesaria para controlar la rotación del motor de pasos, al cambiar el sentido de conteo.

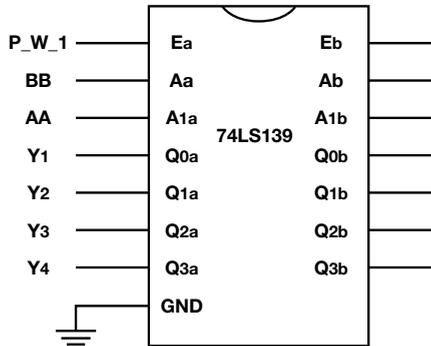


Figura 5.15. Decodificador 74LS139.

Finalmente se tiene una sección de potencia, formada básicamente por transistores que mediante los pulsos recibidos están operando en estado de corte o saturación y drenan la corriente a las bobinas de los motores cuando se requiere. Véase la Figura 5.16.

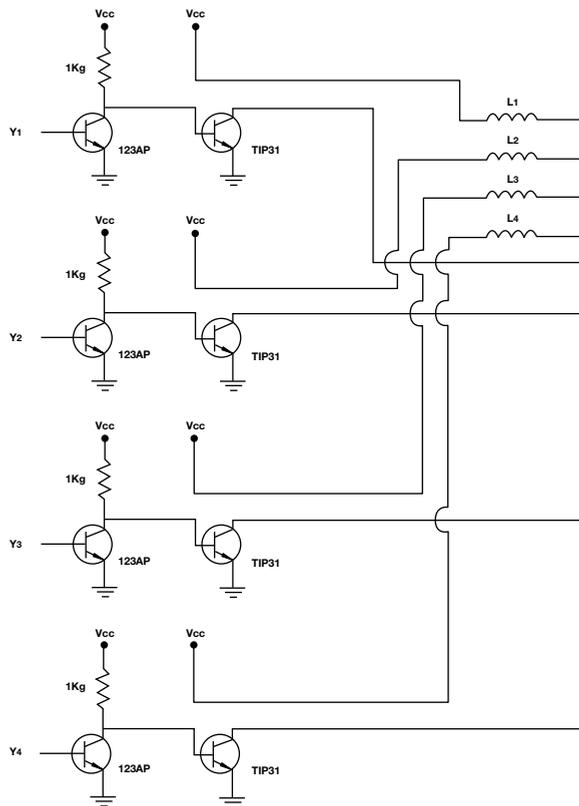


Figura 5.16. Sección de potencia.

Interfaz para APPLE IIE, plataforma MACINTOSH

En este caso se ha escogido un microprocesador miembro de la familia R6500 de tecnología TTL (Transistor Transistor Logic).

Las principales características de la familia de microprocesadores R6500 son: ocho bits, gran variedad de CPU's para controladores, periféricos, memoria versátil y muchas posibilidades de combinación de reloj.

Las características específicas del circuito integrado VIA (Versatile Interface Adapter) R6522 son: dispositivo de entrada/salida muy flexible; un par muy poderoso de relojes de intervalo de 16 bits; un registro de serie a paralelo y de paralelo a serie; un registro de datos en los puertos periféricos; su controlador permite la transferencia de datos entre el VIA 6522 y un sistema multiprocesador.

La configuración del circuito integrado 6522 viene dada por:

(RES)	limpia los registros internos.
02	reloj de entrada.
(R/W)	control de transferencia de datos entre el R6522 y el procesador del sistema.
D0-D7	líneas de transferencia de datos entre el R6522 y el procesador del sistema.
(CS1-CS2)	selector de entradas.
(RS0-RS3)	selecciona uno de los 16 posibles registros internos del R6522.
(IQR)	bandera de interrupción.
PA0-PA7	ocho líneas del puerto A susceptibles de ser programadas.
CA1, CA2	líneas de control de interrupción del puerto A.
PB0-PB7	ocho líneas bidireccionales del puerto B.
CB1, CB2	líneas de control de interrupción del puerto B.

Una característica muy importante en la elección del R6522 es que la polaridad de la señal de salida PB7 puede ser controlada por uno de los relojes de intervalo, mientras que el segundo reloj, puede ser programado para contar el número de impulsos en PB6.