

**Estudio sobre la utilidad de la robótica
educativa desde la perspectiva del docente**
*A study on the usefulness of educational
robotics from educators' perspective*

Sara MONSALVES GONZÁLEZ*

smonsalves@ucsc.cl

Universidad Católica de la Santísima Concepción
Concepción, Chile

Recibido: 23-6-2009

Aprobado: 03-12-2010

* Magister en Informática Educativa por el Instituto de Informática Educativa, Universidad de La Frontera, Chile. Técnico en Programación de Computadores, Centro de Formación Técnica Profesional, CRECIC. Pedagoga en Educación Física por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Candidata a Doctora en Ciencias de la Motricidad Humana por la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Colaboradora docente de la Unidad de Informática Educativa y Gestión del Conocimiento de la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Docencia universitaria en Informática Educativa, Sociedad del Conocimiento y Metodología de la Investigación. Áreas de investigación: Robótica Educativa, Aprendizaje Motor y TIC, así como Apropiación Tecnológica de los Profesores de Educación Física.

RESUMEN

El presente estudio cualitativo es un análisis exploratorio desde la perspectiva de la Teoría Fundamentada. Tuvo como objetivo determinar la utilidad de la Robótica Educativa (RE), descubrir sus potencialidades y conocer las dinámicas que se generan al interior del aula cuando se trabaja en esta disciplina. La población estuvo conformada por siete (7) sujetos pertenecientes a la Red de RE del Centro Zonal Sur de la Universidad de Concepción de Chile. Todos los informantes eran profesores del taller de robótica de diversos establecimientos educacionales de la región del Bio Bio. El método de recolección de información se realizó mediante entrevista semi-estructurada y los datos fueron almacenados en cintas magnetofónicas. Posteriormente a su transcripción, se elaboró un sistema de categorías estructurado el cual permitió construir para el análisis una tabla de una dimensión que contenía las frecuencias por categoría. Los resultados revelan cómo se organiza y estructura el ambiente de aprendizaje al interior del aula de manera que sea favorable al desarrollo cognitivo. Esta investigación concluye con la propuesta de un Modelo Pedagógico de Robótica Educativa (MOPRE) el cual sintetiza los mecanismos de aprendizaje producidos en el aula. Se propone realizar una nueva investigación con mayor cantidad de participantes a fin de someter a prueba el modelo desarrollado.

Palabras clave: Robótica, docentes, TIC, educación chilena.

ABSTRACT

This qualitative study is an exploratory analysis from the perspective of Grounded Theory. Its objective was to determine how useful Educational Robotics (ER) could be, and to find out about its potentialities and about the dynamics generated in classrooms when doing work in this discipline. The population was seven (7) participants from the ER network in the Southern Center of the University of Concepcion, in Chile. The informants were all teachers of a Robotics Workshop from various institutions in the Region of Bio Bio. The gathering of information was conducted via semi-structured interviews and data were stored in magnetophonic tapes. After transcription, a system of structured categories was created by which a table containing different dimensions was devised. Results show how the learning environment in classrooms can be organized and structured in a way that may favor student cognitive development. Finally, this study puts forward a proposal called Pedagogical Model of Educational Robotics (PMER) which synthesizes some learning processes that take place in classrooms. The conduct of more research in this area using larger groups is advised.

Key words: Robotics, teachers, ICT, Chilean education.

1. INTRODUCCIÓN

Se han realizado variados intentos por mejorar los ambientes de aprendizaje de los estudiantes tratando de erradicar el modelo unidireccional basado en la transmisión y recepción de conocimientos, implementando un modelo que estimule el constructivismo y la metacognición en función de responder a las necesidades de aprendizaje que surgen de la actual sociedad de la información. Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han sido un aporte en la creación de ambientes de aprendizaje motivadores para los alumnos (Arlegi, 2008; Gatica y otros; 2005; Ruiz-Velasco, 2007) y la Robótica Educativa (RE) emerge como una nueva posibilidad de integrar las TIC al currículo.

La inclusión de la RE como herramienta tecnológica es coherente con la reconversión de la práctica pedagógica que promueven los actuales métodos de enseñanza replanteando los roles y funciones de todos los actores educativos. En esta perspectiva, se conceptualiza el uso de robots con fines educativos, constituyéndose en una nueva herramienta de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje. La teoría describe los beneficios al integrar la robótica como herramienta de apoyo para el aprendizaje de diversos contenidos curriculares y autores como Ruiz Velasco (2007), Raffle, Yip & Ishii (2007) y Bers y otros (2006) reconocen que esta disciplina promueve el constructivismo, la interdisciplinariedad y el aprendizaje significativo. Al analizar sus propuestas teóricas emergen las siguientes preguntas: ¿a partir de la descripción de los docentes, cómo se organiza el ambiente de aprendizaje?, ¿Se observan elementos comunes al trabajar con robótica al interior del aula?, ¿Qué utilidad le otorgan los docentes al trabajo con RE?

2. EL CONSTRUCCIONISMO DE PAPERT

La Robótica en el ámbito educativo se ha desarrollado de acuerdo a los principios derivados de las teorías del desarrollo cognitivo de Jean Piaget, revisada en su momento por el matemático y psicólogo Seymour Papert. Este autor, quien desarrolló dentro del constructivismo una corriente denominada

Construccionismo, fue discípulo de Piaget en el Centro Internacional de Epistemología Genética de Ginebra y orientó su metodología a la creación de contextos de aprendizaje donde el computador tuviese un rol relevante para que los niños pudiesen comprender de manera natural cualquier materia de la enseñanza formal. El construccionismo sitúa en el centro de todo proceso de aprendizaje a quien aprende, otorgándole un rol totalmente activo, ampliando su conocimiento a través de la manipulación y la construcción de objetos (Miglino y otros, 1999; Sánchez, 2004). Papert recoge de Piaget el modelo que concibe al niño como constructor de sus propias estructuras intelectuales, donde el material requerido para erigir estas organizaciones es proporcionado por la cultura circundante. Afirma que el mejor modo de lograr lo anterior es mediante la construcción de alguna cosa, apoyándose en la tecnología (Ruiz-Velasco, 2007).

3. PRERROGATIVAS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA

La teoría constructivista hace gran eco en el trabajo con RE. Ruiz-Velasco (2007) y Odorico (2004) concuerdan en definir la RE como una disciplina que tiene por objeto generar entornos de aprendizaje heurístico basados fundamentalmente en la participación activa de los estudiantes, generando aprendizaje a partir de la propia experiencia durante el proceso de construcción y robotización de objetos. Esta disciplina se realiza bajo una propuesta pedagógica donde surgen como prerrogativas las siguientes: a) generar interesantes y motivadores ambientes de aprendizaje, b) el profesor adquiere el rol de facilitador, c) promueve la transversalidad del currículo y d) finalmente permite establecer relaciones y representaciones (Gatica y otros, 2005). La RE es tratada por algunos autores como *Robótica Pedagógica* (Odorico, 2004; Ruiz-Velasco, 2007; Sánchez, 2004) debido a su énfasis de desarrollo en establecimientos educacionales.

3.1. La RE Interdisciplinaria y polivalente

La relación, influencia e integración entre partes de dos o más materias

constituye interdisciplinaridad. La RE une lo lúdico con lo interdisciplinario como una perspectiva de acercamiento a la solución de problemas derivados de distintas áreas del conocimiento, logrando que los estudiantes comprendan los contenidos curriculares al verlos materializados en proyectos que implican diseño, investigación, construcción y control de mecanismos, desarrollando en ellos un pensamiento sistémico, estructurado, lógico y formal (Acuña, 2004; Odorico, 2004; Raffle, Yip & Ishii, 2007; Ruiz-Velasco y otros, 2006; Sánchez, 2004).

La construcción de un Robot Educativo requiere de conocimiento en diversas áreas. Por mencionar algunas, es necesario tener conocimientos de mecánica para poder construir la estructura del robot. También se requieren conocimientos de electricidad para poder animarlo desde el punto de vista eléctrico. Asimismo, es importante tener conocimientos de electrónica para poder dar cuenta de la comunicación entre el computador y el robot. Finalmente, es necesario tener conocimientos de informática para poder desarrollar un programa en cualquier lenguaje de programación que permita controlar al robot (Liang, Readle & Alder, 2006; Ruiz-Velasco, 2007). Este conocimiento holístico no sólo compromete al estudiante sino que también ejerce fuerza sobre el profesor, quien además debe poseer los niveles de conocimientos y habilidades necesarios para acompañar a sus estudiantes durante el proceso y el justo reconocimiento sobre el aporte de las herramientas tecnológicas hacia el enriquecimiento de los ambientes de aprendizaje mediados por éstas (Bers y otros, 2006).

Al encontrarse la RE inmersa en la concepción constructivista del aprendizaje, recurre a la significancia de los aprendizajes. En este contexto, constituye un aprendizaje globalizado, de modo que el nuevo aprendizaje es relacionado de modo sustantivo con aprendizajes previos y, además, puede ser relacionado con la adquisición de aprendizajes posteriores. Cuando los conocimientos de una disciplina son utilizados para resolver problemas de una disciplina distinta, se habla de transferencia (Galvis, 1987; Jou, Wu & Wu, 2008; Liang, Readle & Alder, 2006).

3.2. Ambientes de aprendizaje

La RE privilegia un entorno de aprendizaje colaborativo donde los sujetos aportan para los aprendizajes del grupo y a su vez el grupo colabora para los aprendizajes de cada sujeto (Liang, Readle & Alder, 2006). En el aprendizaje colaborativo el aprendizaje individual se logra mediante las actividades del grupo o comunidad. El sujeto comparte los recursos con el grupo y utiliza el trabajo realizado en grupo para aprender (Nourbakhsh y otros, 2005). En este caso, la estructura pedagógica es libre y abierta. Los recorridos de la experimentación, concepción, el diseño y el desarrollo de prototipos robóticos son libres (Frangou y otros, 2008). En el aprendizaje cooperativo se trabaja en equipo y cada equipo contribuye a la obra colectiva. La experimentación y la exploración son guiadas por el profesor conforme a la estructura (Liang, Readle & Alder, 2006; Ruiz- Velasco, 2007).

La implementación y construcción de Dispositivos Robóticos controlados por computador con fines educativos, tiene tres componentes importantes: (a) construcción, que no es más que crear de manera simple algo que parece estar inconexo con el computador. (b) elaboración del programa, generar las rutinas en lenguaje de programación que permitan controlar el dispositivo. El programa debe presentar características pedagógicas, de tal forma que permita al estudiante discriminar sobre sus decisiones de manera simple y rápida. (c) metodología de utilización del dispositivo, la que debe ser desarrollada de modo que permita el uso del dispositivo con una determinada finalidad. La metodología debe propiciar asistencia para diversificar, diferenciar y expandir la forma de adquisición y manejo de conocimiento. Para todo ello se requiere un cambio actitudinal del docente, quien debe concebir al Dispositivo Robótico como un objeto que permite construir conocimiento (D'Abreu, 1999; Bers y otros, 2006; Nourbakhs y otros, 2005; Singh y otros, 2006).

La RE genera condiciones favorables para la apropiación del conocimiento. Ello por que permite la observación, la exploración y reproducción de fenómenos reales concretos (Frangou y otros, 2008; Liang, Readle & Alder, 2006). Favorece la sinergia entre alumno-computador-robot-profesor. El sujeto se ve enfrentado al error de manera inmediata en el caso de que

exista. Los procesos y fenómenos de estudio se pueden realizar las veces que el sujeto estime conveniente o hasta que se encuentre conforme con los resultados de las hipótesis generadas por él mismo (Lundgren y otros, 2006). Un ambiente de aprendizaje apoyado por la RE constituye una experiencia que contribuye al desarrollo de la creatividad (Do & Gross, 2007; Chambers, Carbonaro & Rex, 2007) y el pensamiento de los sujetos (Wiesner-Steiner, Schelhowe &, Wiesner, 2007). Esta interacción tecnológica incentiva la construcción de estrategias para la resolución de problemas (Bers y otros, 2006; Chambers, Carbonaro & Rex, 2007; Piotrowski & Kressly, 2009), promueve la utilización del método científico para la valoración de hipótesis; estimula la apropiación de vocabulario especializado, incita la autorreflexión y valoración del proceso de aprendizaje (Candelas y otros, 2004; Miglino, Cardaci & Hautop, 1999; Sánchez, 2004).

3.3. Cognoscitivas

a) Integración de distintas áreas del conocimiento

Construir un robot educativo demanda conocimiento en distintas áreas. Por una parte, para construir la estructura se necesitan conocimientos de mecánica; para alimentar el movimiento del robot se requiere de nociones de electricidad; es necesario generar una interfase que conecte el dispositivo robótico al computador, caso en el cual se esgrimen los conocimientos de electrónica. Por último, es ineludible poseer conocimientos sobre programación para desarrollar el programa en cualquier lenguaje que permita controlar el robot (Jou, Wu & Wu, 2008; Liang, Readle & Alder, 2006). Todas estas disciplinas se integran al momento de desarrollar un robot educativo. No se trata de adquirir de manera parcelada los conocimientos sino más bien de integrar las disciplinas desde una perspectiva tecnológica y cognoscitiva (Frangou y otros, 2008; Ruiz-Velasco, 2007).

b) Operar objetos manipulables

Es a través de la manipulación y la exploración que el sujeto va a dirigir y

a centrar sus percepciones y observaciones. Es el desarrollo de la experiencia lo que impone la dirección de las observaciones (Grimes & Rau, 2009; Sánchez, 2004). El sujeto, al construir un robot educativo, desarrolla sus propias estrategias de resolución de problemas (Bers y otros, 2006), lo que le lleva a participar de experiencias significativas y ricas en conocimientos. Esto se consigue cuando se otorga al sujeto la oportunidad de actuar sobre los objetos, lo que se traduce en el enriquecimiento de las representaciones del objeto que han manipulado. A partir de estas acciones, se es capaz de llegar a resultados objetivos comunes y, por medio de la abstracción reflexiva, construir conceptos también comunes, manteniendo de todos modos la diversidad de sus representaciones cognoscitivas, favoreciendo de este modo el paso de lo abstracto a lo concreto (Ruiz-Velasco y otros, 2006; Ruiz-Velasco, 2007; Piotrowski & Kressly, 2009).

El aprendizaje significativo sugiere relacionar conceptos previos de manera sustantiva e imparcial. El individuo adopta una actitud favorable frente a la tarea, procurándole significado propio a lo que está asimilando (Marchesi, Coll & Palacios, 1999). Desde esta perspectiva el individuo construye sus propias representaciones mentales de la realidad al verse sometido a diversas situaciones didácticas (Linder y otros, 2001; McGovern & Fager, 2007) que permiten adquirir estrategias cognitivas para la resolución de problemas y exploración de experiencias reales (Bers y otros, 2006; Cabrera, 1996; Passerino & Possamai, 2004).

La utilización de dispositivos tecnológicos que faciliten el acceso a información, la administración, gestión, control y exploración, aportan los elementos para que el sujeto desarrolle aprendizajes significativos en un medio orientado a la experimentación y la exploración. Desde esta perspectiva, la RE favorece el logro de este tipo de aprendizaje (Cabrera, 1996; Ruiz-Velasco, 1996). Los experimentos prácticos ayudan a los sujetos en la asimilación de conceptos que de otro modo serían abstractos y confusos. Los sujetos asimilan dinámicas de complejidad a través de la construcción de sistemas formados por variados componentes de hardware y software, por medio de la generación de proyectos. Aprenden a estudiar la realidad desde diferentes ni-

veles de análisis, observando el comportamiento de los robots y de la interacción que estos tengan con el medio en que deben actuar (Linder y otros, 2001; Miglino, Cardaci & Hautop, 1999; Odorico, 2004).

c) Apropiación de distintos lenguajes

La RE permite la simultaneidad entre la representación gráfica en la pantalla de la computadora y el fenómeno de la vida real que se está produciendo. El lenguaje gráfico, al igual que el lenguaje matemático, es universal. Desde esta perspectiva es más fácil la lectura, la memorización y la interpretación de una gráfica normal que la memorización de un conjunto de cifras que muchas veces son difíciles de interpretar. El permanente contacto con este tipo de lenguaje permite la apropiación de manera natural por parte del sujeto (Ruiz- Velasco, 2007).

d) Desarrollo del pensamiento sistémico y sistemático

La RE permite que los sujetos desarrollen de manera completa sus estructuras cognitivas. El actuar en el ámbito de la RE conduce a que el sujeto tenga siempre presente que el sistema que desarrolla está formado por un conjunto de partes, las que cuentan con sus variables propias y específicas que se encuentran en constante interacción. Reconoce además que la variación de una de ellas influye necesariamente en la otra, de tal modo que se constituyen como interdependientes (Anderson & Baltes, 2006). Bajo esta perspectiva el sujeto se forma una percepción holística e integral del problema en su conjunto, permitiendo visualizar su proyecto como un todo constituido por partes interdependientes que se alimentan unas de otras, constituyendo en sí mismo un sistema (Anderson & Baltes, 2006; Linder y otros, 2001; Ruiz-Velasco, 2007). La sistematización además se adquiere cuando los sujetos desarrollan metodologías particulares en la solución de problemas específicos (Ruiz-Velasco, 2007).

e) Construcción y prueba de estrategias de conocimiento

La RE otorga la posibilidad de que el sujeto construya su propia estrategia

para adquirir conocimientos, alejándose de la pasividad tradicional (Nourbakhsh y otros, 2005; Ruiz-Velasco, 2007).

3.4. Lenguajes de programación para Robótica Pedagógica

La elaboración del programa que controle el Dispositivo Robótico no es tarea menor. Requiere que el sujeto irrumpa en el conocimiento de software especializado el cual le permita desarrollar una interfase utilizando un lenguaje de programación que permita entregar instrucciones al dispositivo de manera sencilla y rápida (Vilhete & Lizárraga, 1999).

4. DOCENTES DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA

El trabajo con RE plantea nuevas exigencias a los educadores. El proceso que estos deben acompañar precisa de constante reflexión, pues necesitan generar la transformación del método tradicional hacia la promoción de actividades que estimulen en el educando la necesidad por aprender a través de la exploración y búsqueda de conocimiento, propiciando el desarrollo del pensamiento creador y la inteligencia del alumno (Alimisis y otros, 2007; Hernández & Reyes, 2008). Martínez y otros (1998) proponen una serie de recomendaciones enfocadas en el docente de modo de fortalecer sus habilidades y su motivación, ellas son: a) la capacitación en informática debe estar acompañada de actualización metodológica y de contenido curricular en las áreas en las cuales se desenvuelvan; b) disponer de una estructura de soporte o asesoramiento permanente que permita al docente seguir avanzando progresivamente una vez finalizados los cursos de capacitación; c) proveer de instancias para la interacción entre docentes e investigadores para construir y evaluar en conjunto ambientes de enseñanza aprendizaje innovadores.

Alimisis, Frangou & Papanikolaou (2009) describen una experiencia de capacitación de docentes para el trabajo con tecnología robótica donde se ob-

servan los elementos planteados anteriormente por Martínez y otros (1998). Durante el período que duró la capacitación, los profesores tuvieron las instancias para vivenciar la misma metodología que posteriormente deberán enfrentar sus alumnos cuando trabajen con dispositivos robóticos. Esta experiencia les permitió reflexionar sobre el uso de la robótica como herramienta para el aprendizaje constructivista, indagar sobre los criterios a considerar para evaluar la construcción de un robot, realizar actividades de diseño de programación, plantear un proyecto de robótica utilizando la metodología propuesta por TERECoP para finalmente, en un plazo de dos semanas, desarrollar su proyecto de aprendizaje con robótica.

5. RED DE ROBÓTICA EDUCATIVA (RRE) DEL CENTRO ZONAL SUR DE «ENLACES» DE CHILE

La RRE es una organización perteneciente al Centro Zonal Sur (CZS) de Enlaces de Chile, cuyo propósito es generar un espacio de reflexión, desarrollo y difusión para esta disciplina, constituyéndose en un organismo que promueve y apoya la innovación tecnológica. Está integrada por profesores de diferentes tipos de establecimientos educacionales de la región del Bio-Bio, quienes tienen en común el uso de herramientas computacionales y robóticas para la enseñanza de contenidos de sus programas curriculares. La red se conformó en el año 2005, constituyéndose en una experiencia piloto que serviría como referente para el futuro desarrollo de metodologías de enseñanza que incluyan la robótica educativa.

6. MÉTODO

Considerando las características de la red que se estudia, así como el carácter exploratorio de los objetivos de la investigación, se ha optado por una metodología cualitativa la cual implica un enfoque interpretativo y naturalista del objeto de estudio. Esto significa que los investigadores cualitativistas estudian la realidad en su contexto natural tal y como sucede, intentando sacar sentido

de, o interpretar, los fenómenos de acuerdo con los significados que tienen para las personas implicadas. La presente investigación pretende dar cuenta de manera exploratoria sobre la utilidad de la RE desde la perspectiva de los docentes que desarrollan esta disciplina. Ello permitirá, por medio de las experiencias relatadas por los propios docentes del taller, esclarecer las dinámicas generadas al interior del aula y descubrir sus potencialidades. Es de señalar que 'utilidad' es un término generalmente vinculado con el área de Desarrollo de Software y la evaluación de otros productos informáticos, como el diseño de páginas Web. El término 'utilidad' está relacionado con la armonía entre las necesidades del usuario y la sensación de satisfacción generada en éste último al ver su problema resuelto (Floría, 2000; Montilla y otros, 2000; Shackel y Richardson, 1991).

La población corresponde a siete sujetos, profesores encargados de desarrollar el taller de robótica en establecimientos educacionales de la región del Bio-Bio y que a su vez integran la Red de Robótica Educativa, del Centro Zonal Sur de Chile. Para generar la información se empleó la técnica de la entrevista semi-estructurada. Se consignaron encuentros individuales con cada profesor informante. Los contenidos de las entrevistas fueron almacenados en cintas magnetofónicas para su posterior transcripción, a partir de lo cual se elaboró un sistema de categorías estructurado el cual permitió construir una tabla de una dimensión la cual contiene las frecuencias por categoría. Las categorías surgidas de la entrevista se analizaron mediante un modelo lógico semántico de tipo transversal-temático, las cuales fueron estudiadas mediante una matriz de datos textuales ordenadas en mapa cognitivo. La matriz permite identificar las categorías relevantes de cada individuo, etiquetando cada idea expresada, además de permitir comparar las categorías entre individuos. El mapa cognitivo entrega una visión de conjunto sobre las categorías pues parte de una temática central desde la cual van surgiendo los temas específicos, generándose una estructura de árbol donde cada tema se ramifica.

La estructura de la entrevista corresponde a una adaptación de las Secciones I y II del estudio realizado por Caci, Cardaci & Hautop (2003). Este

cuestionario fue diseñado para evaluar de manera empírica el impacto de la robótica en las escuelas. En total incluye cuatro dimensiones compuestas por preguntas cerradas y de alternativas. Las dos primeras secciones están enfocadas en el profesor y las restantes en el alumno, a saber: 1) nivel tecnológico de complejidad del proyecto robótico educativo; 2) percepción de los profesores sobre la utilidad; 3) percepción de los alumnos sobre la utilidad; 4) relación entre robótica y metacognición. La sección I se enfoca en obtener información sobre si la robótica es incluida en el plan de estudios, datos sobre la organización del laboratorio en la escuela (número de computadores, tipo de kit utilizado, número de profesores y estudiantes involucrados, duración de las actividades del laboratorio), así como objetivos y métodos del taller. Por otra parte, la sección II pregunta sobre el impacto de la robótica en el aprendizaje, aprendizajes previos que los estudiantes deben demostrar para participar en el proyecto de robótica, habilidades cognitivas y motivacionales que los estudiantes mejoran de manera específica con la robótica y, finalmente, las inteligencias múltiples que pudieran estar implicadas en la robótica. La adaptación del cuestionario consistió en seleccionar algunas preguntas que fuesen aplicables a la realidad del estudio para posteriormente adaptarlas al formato de pregunta abierta. Una vez realizada la selección de preguntas, fueron sometidas al análisis de un experto en el área de robótica educativa para su validación y pertinencia. Dicho experto analiza la propuesta de preguntas para la entrevista en conjunto con el cuestionario de Caci, Cardaci y Autop (2003).

7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados de la investigación. Se exponen los hallazgos obtenidos del análisis de las expresiones de los docentes. La estructura de presentación considera los siguientes aspectos: a) recursos disponibles para la realización del taller; b) temáticas desarrolladas en el taller; c) capacidades desarrolladas en los estudiantes; d) transferencia de los aprendizajes; y e) estructura de las clases.

7.1. Primer Nivel de análisis: Recursos disponibles para la realización del taller

TABLA 1
RECURSOS DISPONIBLES PARA LA REALIZACIÓN DEL TALLER

Factores de contexto	Temas	Informe
Los establecimientos	7 Establecimientos	2 Municipales y 5 establecimientos particulares subvencionados.
Los profesores entrevistados	7 Docentes	<p>Sexo: Se entrevistó a 4 hombres y 3 mujeres.</p> <p>Edad: Sus edades fluctúan entre los 26 y 50 años, con un promedio de 38 años.</p> <p>Experiencia docente: Varía entre 5 y 26 años de enseñanza en el aula, con un promedio de 15 años.</p> <p>Especialidad: Se entrevista a 2 profesores de básica, 1 profesor de historia y geografía, 1 profesor de biología y química, 2 profesores de matemática (uno de ellos además es profesor de física) y 1 profesor de mecánica y electrónica.</p> <p>Capacitación: 1 no tiene capacitación en robótica, 6 tienen el postítulo de informática educativa. De estos últimos, uno es magíster en educación.</p>
Estructura del Taller de Robótica	Lugar	En dos casos se realiza en el laboratorio de informática, en el resto de los casos se realiza en salas de clases.
	Número de participantes	Varía entre cuatro niños(as) y todo un curso.
	Nivel de los participantes	Tres profesores trabajan con estudiantes de enseñanza básica, tres toman estudiantes de enseñanza media y uno incluye estudiantes de varios niveles.

El mapa cognitivo mostrado en la Figura 1 (más adelante) presenta una vista general de los temas y subtemas que se advirtieron a partir de las entrevistas realizadas.

7.2. Segundo Nivel de análisis: Temáticas desarrolladas en el taller

TABLA 2
TEMÁTICAS DESARROLLADAS EN EL TALLER

Factores de contexto	Temas	Indicadores
Etapas dentro de la formulación del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación • Proyección • Acción 	«Mira, cuando participan de un proyecto de robótica, primero los alumnos tienen que ver de qué se va a tratar su proyecto, entonces ya involucra hacer una investigación del por qué. Nosotros cuando hicimos la maqueta del parque de diversiones, el por qué hacer un parque de diversiones, por qué no hacer otra cosa, y de dónde nació un parque de diversiones. Entonces, viene todo un proceso de: –a ver... ¿qué principios tecnológicos hay en un parque, por qué funcionan así los objetos, cómo funcionan las cosas dentro un parque?– Después, –ya, la aplicación, de cómo funciona. O sea, hay un principio...» (Sujeto 7).
Etapas dentro de la concreción del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectar • Construir 	«Ellos primero hacen un proyecto en papel, hacen toda la idea en papel, el bosquejo, el plano, los materiales, las herramientas y de ahí empiezan a construir» (Sujeto 2)
Nivel de complejidad en el trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Objeto Simple • Objeto Complejo 	«Profesor yo quiero hacer un submarino, me dice un niño por ejemplo, hagámoslo le digo.... con quién quiere trabajar, ya...se arma el grupo... después lo pensaron bien... profesor no vamos a hacer un submarino, vamos a hacer otra cosa, vamos a comenzar con algo más elemental por que en realidad el submarino es

TABLA 2 (continuación)

Factores de contexto	Temas	Indicadores
		complicado. Uno, yo le doy la facilidad de que ellos elijan, no se sientan presionados por hacer algo muy complejo si no están capacitados todavía, hacer un submarino es complejo. Ellos primero hacen un proyecto en papel, hacen toda la idea en papel, el bosquejo, el plano, los materiales, las herramientas y de ahí empiezan a construir» (Sujeto 2).
Etapas de aplicación del software	<ul style="list-style-type: none"> • Lenguaje Logo • Diagramar la maqueta • Uso de interfase 	«Yo, lo primero que hago les enseño lenguaje logo, y después, ellos aprenden a ocupar la interfase con el computador a través del logo, y de ahí para delante solos, trabajan solos. Yo los voy ayudando nada más» (Sujeto 6).
Tipo de Software utilizado	<ul style="list-style-type: none"> • Logo • MsWlogo 	«Por eso, nuestro proyecto se llamó “modernización”, porque encontraban que el LOGO era un lenguaje primitivo que trabajaba en un ambiente poco atractivo para el uso de los alumnos, que se sentían mas motivados en un ambiente Windows: más grafico, más colores, más dinámico y que se asociaba al uso de otros recursos, como video, que no se puede insertar a través del lenguaje LOGO, como es música a través de un MP3, entonces ellos se fueron por esa vía e incursionaron en MsWLOGO, que es la versión LOGO Windows» (Sujeto 4).

7.2.1. Conclusiones preliminares del tema: Taller de Robótica

El esquema presentado en la Figura 2 (más adelante) ilustra el análisis de categorías del tema «Aprendizajes en Robótica», el cual distingue dos ejes: (a) Concreto/ Abstracto y (b) Real/ Virtual. El análisis del tema «Taller de Ro-

FIGURA 1
MAPA COGNITIVO TALLER DE ROBÓTICA

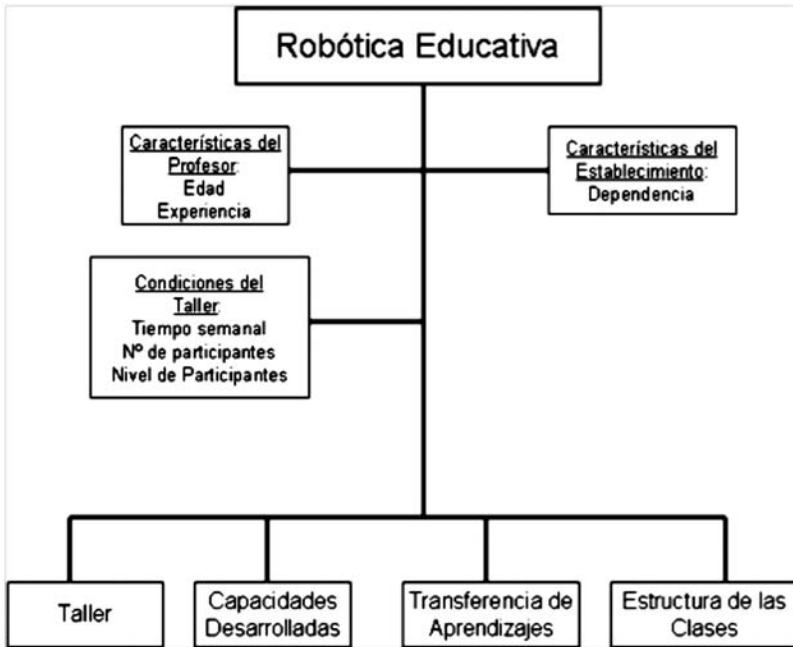
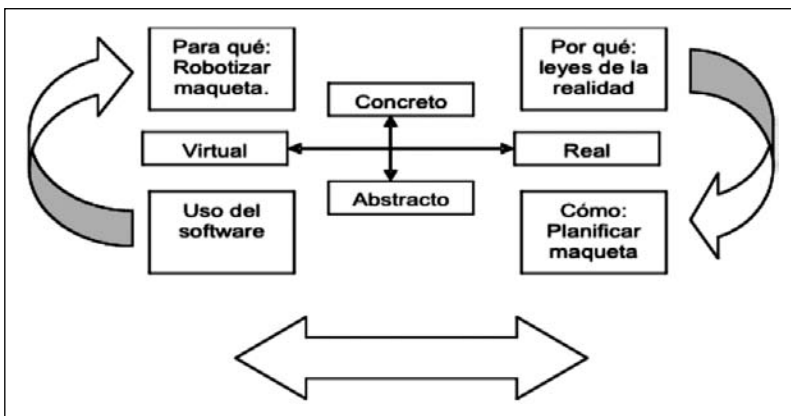


FIGURA 2
EJES APRENDIZAJES EN ROBÓTICA



7.3. Tercer Nivel de análisis: Capacidades Desarrolladas

TABLA 3
CAPACIDADES DESARROLLADAS

Factores de contexto	Temas	Indicadores
Capacidad de planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar • No planificar 	<p>«E: ¿Crees que los estudiantes deban tener algún requisito mínimo para participar en proyecto, en cuanto a conocimiento previo?</p> <p>S1: No, yo creo que no es necesario ... fijate que tengo la experiencia, incluso en este momento una chica que no.... sobre todo las mujeres como que le complica todo el tema manual....igual su trabajo fue de mejor desarrollo que el grupo de varones, en la cual al final se demostró que la capacidad de organizarse y de administración es fundamental en el tema de poder llevar a cabo bosquejar, entonces, no creo que de alguna manera se necesite algunos requisitos creo que la disciplina en sí, como va exigiendo ciertas cosas, va como moldeando a las personas entonces, como que no es tan necesario tener que lo alumnos cumplan ciertos requisitos» (Sujeto 1).</p>
Capacidad de trabajo colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> • Pragmática • Complejidad • Sociabilidad • Colaboración • Relación de pares • Especialización • Dependencia 	<p>«E: Si comparamos el trabajo en equipo con el aprender autodidácticamente y lo llevamos a la robótica, ¿uno de estos dos se potencia o ambos surgen de la misma manera?</p> <p>S5: Los dos, yo creo que uno ayuda al otro, por que el trabajo en equipo, si no trabajan en equipo es difícil el trabajo hacer un proyecto tan grande, tan macro en robótica para poder trabajar, y la creatividad y todo eso... para mí se potencian» (Sujeto 5).</p>

TABLA 3 (continuación)

Factores de contexto	Temas	Indicadores
Capacidades Psicosociales	<ul style="list-style-type: none"> • Psicomotricidad • Solidaridad • Sociabilidad 	«El aspecto psicomotor, los valores de compañerismo por que se están apoyando uno a otro, la relación interpersonal es buena» (Sujeto 3).
Capacidad de buscar soluciones	<ul style="list-style-type: none"> • Problematización • Exigencia • Creatividad • Capacidades • Conocimientos 	«Le ayuda a poder tener una... los obliga a pensar a buscar soluciones y eso permite que el alumno los exija mucho más, por que si no se ve enfrentado a una determinada situación jamás va a saber si es capaz de conseguir lo que se esta proponiendo o no, entonces, la robótica los obliga a planificar, por que no van a llegar y a construir algo, sin previamente haber pensado que es lo que van a hacer. A buscar un determinado objetivo, a lo mejor a resolver un problema existente en el momento, y les obliga a buscar las alternativas de solución y para esto tienen que ser creativos, entonces, les ayuda a desarrollar la creatividad, entonces les ayuda en un sin número de áreas, ahora, tú en la física les puedes enseñar en teoría, “mira las ruedas dentadas funcionan de esta manera” pero si no se lo enseñas en la práctica el alumnos jamás lo va a poder entender, entonces también le ayuda a los alumnos a aprender haciendo, entonces de esa manera el alumno va a poder internalizar mucho mejor los contenidos en una determinada disciplina» (Sujeto 4).
Capacidad de creatividad e iniciativa	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de inteligencia • Dependencia • Autoestima 	«...¡los hace sentirse como más inteligentes!... la palabra robótica... ellos como que se creen como ahhh! a lo mejor son cositas super simples las que hacen pero ellos se creen así como más bacanes, como más grandes, se creen el cuento y desde chiquititos se creen así como

TABLA 3 (continuación)

Factores de contexto	Temas	Indicadores
Capacidad de creatividad e iniciativa	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de inteligencia • Dependencia • Autoestima 	<p>más inteligentes que los otros. Y sobre todo los chicos que están aquí en el taller de robótica no son alumnos que les va bien en matemática, ciencia y todo eso. Entonces es como sentirse... ah!! Yo estoy en el taller de robótica y me fue bien y estamos haciendo hartas cosas los hace sentirse como inteligentes, en el otro sentido... soy malo para las matemáticas pero yo puedo hacer otras cosas. Le ayuda a la autoestima, sube su autoestima, muchas veces son alumnos que tienen por ahí nomás... normal, como de un grupito... como un alumno promedio, y esas cosas lo hacen como subir» (Sujeto 7).</p>

bótica» permite concluir que el discurso se puede reducir a dos totalidades semánticas: a) La «Pragmática», que indica la forma de vinculación con lo real: la vida cotidiana, representado en lo «Real»; y las reglas del lenguaje altamente formalizado que es el software, representado en lo «Virtual». b) El «Tipo de Pensamiento» utilizado, que muestra distintas características de acuerdo al momento del proceso de aprendizaje. El pensamiento abstracto, que se orienta a lo metódico y lo general permite proyectar de acuerdo a normas generales de comportamiento de la realidad. El pensamiento concreto busca lo específico y lo diverso, es el lado investigativo y creativo. El eje Pragmática (Real/ Virtual) puede ser realizado en cualquier dirección: algunos profesores parten por lo Real, como en el caso 7 en que se estudia primero el funcionamiento de la realidad, mientras que otros profesores parten por lo Virtual, enseñando las reglas de programación del lenguaje. En cambio, el eje «Tipo de Pensamiento» tiene una secuencia lógica, diferente en cada caso, dependiendo de si se encuentra en el dominio de lo real o de lo virtual. En el primer caso, en el dominio de lo «Real», se parte del pensamiento concreto que investiga y busca en un fenómeno particular la diversidad de opciones que pre-

senta, para llegar a encontrar leyes de funcionamiento de la realidad. Se usan distintas teorías y métodos hasta encontrar una que satisfaga la realidad que se quiere representar. Luego, se pasa al predominio del pensamiento abstracto, el que se usa para aplicar las leyes de funcionamiento de la realidad de una manera abstracta con el uso del pensamiento para saber hacia dónde se quiere llegar y qué caminos se deben tomar, qué métodos hay que aplicar. En el segundo caso, dentro del dominio de lo virtual, se parte desde la enseñanza de las reglas del lenguaje, que poseen una estructura abstracta, pero que se traducen a un resultado concreto, que es ejecutado por el software. Por ello, tiene la ventaja de ser mucho más rápido en su conexión Abstracto/ Concreto. En este caso, la capacidad investigativa no está ligada a la realidad (cómo funcionan las cosas), sino a lo virtual (cuáles son las capacidades del software). Es por ello que surge en este dominio una tercera dimensión: Simple/ Complejo.

7.3.1. Conclusiones preliminares del tema: «Capacidades Desarrolladas»

Según los profesores entrevistados, el taller de robótica permite generar algunas capacidades de tipo psicomotor, psicológicas y sociales. El taller de robótica implica realizar una secuencia de acciones que requieren un conjunto de capacidades que no necesariamente existen en los niños/as, quienes se ven sometidos, sin embargo, a una tensión constante que los motiva a desarrollar dichas competencias. Las acciones, como vimos anteriormente, implican lo siguiente: (1) aprender el funcionamiento de determinadas áreas de la realidad; (2) idear y planificar un objeto con alguna utilidad; (3) aprender la utilidad y las reglas del lenguaje computacional y (4) construir la maqueta y robotizarla. Las capacidades se pueden clasificar según el tipo de trabajo:

- Trabajo grupal/ individual
- Trabajo estructurado/ autodidacta
- Trabajo complejo/ simple

A continuación se presentan las capacidades desarrolladas en cada tipo de aprendizaje.

1. Formulación de problemas sobre un aspecto de la realidad. Al ser problemas reales y concretos, observables por todos los miembros del grupo, permiten un trabajo grupal. Cada miembro del grupo se ha especializado en una parte del proceso, por lo tanto, cada uno tiene una perspectiva diferente. Al plantear problemas sin solución conocida por los miembros

7.4. Cuarto Nivel de análisis: Estructura de las clases

TABLA 4
ESTRUCTURA DE LAS CLASES

Factores de contexto	Temas	Indicadores
Transferencia de Aprendizajes	<ul style="list-style-type: none"> • Transversalidad • Transferencia • Aplicaciones 	«S2: Claro que sí, la mayoría de los alumnos están aplicando los conocimientos de la diversas asignaturas, al hacer el mínimo robot o mecanismo que hagan están aplicando unas tres o más asignaturas: el hecho de planificar, el hecho de construir una estructura: arte, movimiento: física. Cosas así, inconscientemente, están ocupando todos los conocimientos de las asignaturas» (Sujeto 2).
Constructivismo	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomía 	«Sí, creo que sí, primero por que los conecta con una realidad que ellos van a dominar mucho más rápido... el tema de las tecnologías, ehh, por el tema que habíamos conversado anteriormente, porque ellos tienen que resolver problemas, además tienen que adquirir cierta autonomía, de hecho en este cuento yo los dejé... les di rienda suelta, siempre les fui dando ciertas pautas no más, lo demás... el trabajo era de ellos, de hecho los trabajos que hay acá son de ellos.... no hay ninguna intervención del profesor» (Sujeto 1).

TABLA 4 (continuación)

Factores de contexto	Temas	Indicadores
	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en grupo y compañerismo 	<p>«El compañerismo es salvaje, se van ayudando mutuamente. Incluso tenemos dos interfases solamente, y el curso es regrande, son 42 chiquillos, pero yo les paso una interfase y se van a una sala qué tenemos de metodología y trabajan solos, uno va a un computador el otro al otro... son dos computadores nomás y. hay un aprendizaje colaborativo» (Sujeto 3).</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo y organización de tareas 	<p>«Trabajaban en equipo, pero se asignaban algunas responsabilidades. No todos hacían lo mismo, tú que entiendes más lo de la programación te vas a dedicar a la programación, tú que estas manejando mucho mejor el tema de la construcción te dedicas a construir, y ustedes se dedican momentáneamente a cotizar, por ejemplo, o sea se asignaban responsabilidades y cada uno las iba cumpliendo en la semana» (Sujeto 4).</p>
Roles	<ul style="list-style-type: none"> • Rol del profesor y del estudiante 	<p>«Nosotros, más que nada vamos como una guía y apoyo a las ideas que los alumnos tienen, nosotros entregamos conocimientos en cuanto a lo básico que nosotros sabemos de programación y algunas luces de ideas de que se puede hacer, qué podemos investigar. Una vez que los alumnos deciden que cosa quieren trabajar, más que nada como guía, porque ellos van solos trabajando» (Sujeto 7).</p>

del grupo, se fortalece la capacidad de investigación, la autonomía respecto al profesor y la interdependencia de los miembros del equipo.

2. Planificación de un objeto con alguna utilidad. Fortalece la creatividad de proponer soluciones nuevas e imaginar cómo concretarlas en abstracto.

Requiere de los conocimientos en distintas etapas del proceso, lo que a su vez significa el conocimiento especializado en diversos temas. A su vez, requiere que los miembros del grupo reconozcan sus diversas habilidades y que desarrollen un conocimiento grupal. Implica algún tipo de cálculo de materiales y de costos, lo que implica el desarrollo de capacidades administrativas.

3. El aprendizaje de un lenguaje computacional implica el aprendizaje individual: primero guiado por el profesor y luego el aprendizaje autodidacta posibilita la exploración de nuevas posibilidades con un lenguaje o la investigación de lenguajes más complejos.
4. La construcción y robotización de la maqueta requiere de la responsabilidad de obtener y llevar los materiales necesarios, lo que fortalece el trabajo colectivo y la interdependencia. También requiere de capacidades administrativas y de planificación. Por otra parte, esta es la etapa en la que los niños y niñas desarrollan habilidades de tipo psicomotor.

Cada proceso de aprendizaje puede estar sometido a diversos grados de complejidad, lo que exige a los niños tomar decisiones respecto a sus proyectos, confrontando las capacidades que ya han desarrollado con la exigencia que presenta la idea que han propuesto. De esta manera, los niños deben conocer la realidad investigada y también a sí mismos. Otra experiencia ligada al Taller de Robótica es la participación en exposiciones, una actividad de extensión organizada normalmente por alguna institución externa y que permite a los niños y niñas conocer otras experiencias de talleres de robótica, con resultados diferentes, aunque igualmente interesantes. Lo más relevante de estas experiencias es el desarrollo de la personalidad manifestado por los niños, ya que se exige la explicación de cada producto a personas que no están necesariamente familiarizados con ellos.

7.4.1. Conclusiones preliminares del tema: «Estructura de las clases»

En el proceso de robotización hay dos etapas: la enseñanza del uso del

software y la robotización de la maqueta. En la primera etapa, el profesor enseña lo fundamental para el uso del software con una estructura tradicional de realización de la clase: el profesor entrega conocimientos y el alumno los recibe. Luego, con los conocimientos más elementales, el estudiante comienza a tomar un papel cada vez más relevante en descubrir las posibilidades de aplicación del software. Durante la segunda etapa, es muy importante el uso de las ayudas y manuales que vienen en el software. Con esta herramienta el estudiante puede empezar a crear, probar y ejecutar aplicaciones que el profesor desconoce. Se inicia un aprendizaje colaborativo al generar un proyecto que es diseñado y ejecutado en pequeños grupos. Es necesario que exista un acuerdo en cada paso a seguir, por lo que hay un conocimiento de cada uno de los trabajos que se están realizando, además de las capacidades de cada uno. El trabajo de cada uno se complementa y a la vez es interdependiente con el trabajo de los demás. Este estilo de trabajo da un carácter más democrático a la clase, donde todos tienen un espacio y a la vez permite un ambiente más motivador para las dinámicas de grupo que se generan.

La fuente de los conocimientos deja de ser el profesor y cobran importancia diversas fuentes como los libros, el software, la experimentación con materiales y herramientas, incluso, la intuición y el sentido común del estudiante. De esta forma, es el estudiante el que pone el límite a sus aprendizajes de acuerdo a sus intereses y capacidades, a diferencia de la estructura tradicional de clases donde es el profesor el que pone el límite en los conocimientos de acuerdo a los contenidos que entrega. Los roles del profesor y del estudiante cambian, ya que el profesor pasa de ser una autoridad a ser un facilitador; mientras que el estudiante que es un discípulo en la clase tradicional, en la clase colaborativa asume la posición de investigador (Ver Figura 3).

8. DISCUSIÓN

El análisis de la forma en que se presenta el aprendizaje al interior del taller de robótica permite apreciar que triangula recíprocamente lo concreto con lo abstracto, vinculando fenómenos de la vida cotidiana con la realidad

FIGURA 3
ROL DEL PROFESOR V/S ROL DEL ESTUDIANTE

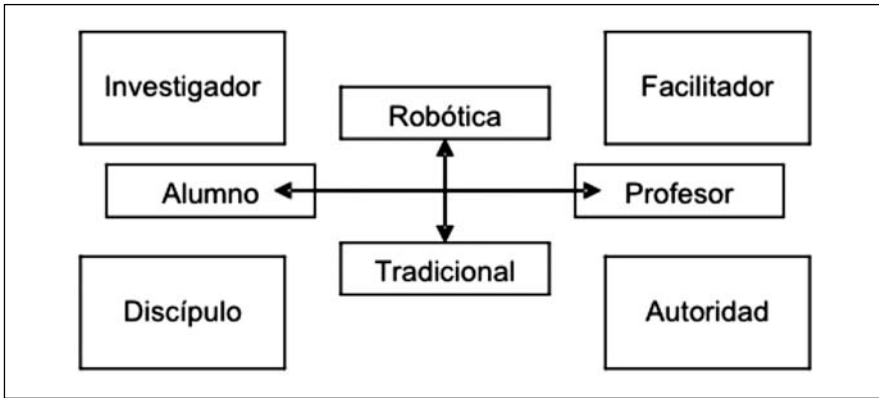
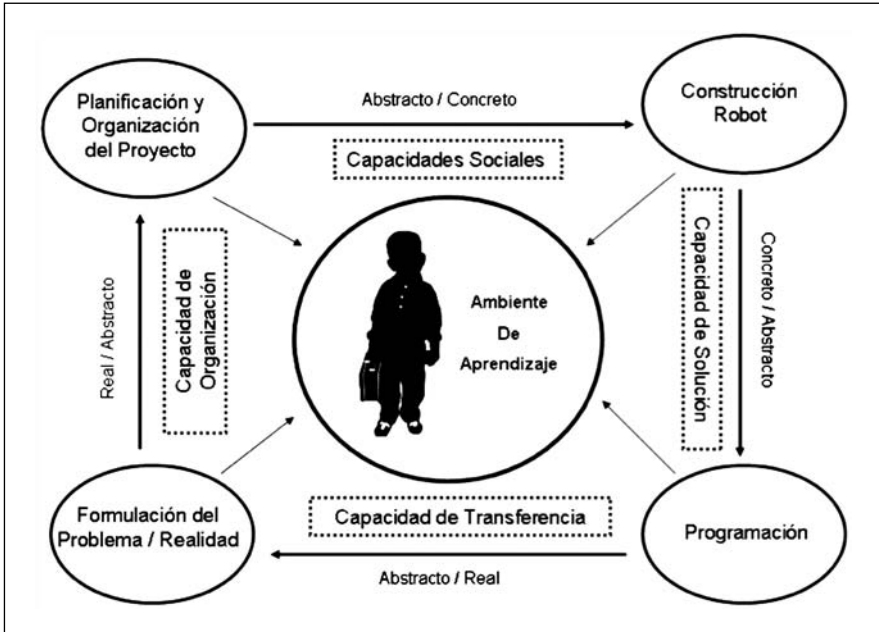


FIGURA 4
MODELO PEDAGÓGICO ROBÓTICA EDUCATIVA



virtual del software de programación, a través de la robotización de la maqueta, aspectos que fueron mencionados en los estudios de Levy & Mioduser (2008) y de Wiesner-Steiner y otros (2007). Son perfectamente semejantes los ejes encontrados con el esquema de la tipología de procedimientos planteados por los autores Jou, Wu & Wu (2008) así como por Wiesner-Steiner y otros (2007). Los profesores evidencian claramente que a través de la RE los aprendices relacionan de mejor manera los conceptos abstractos a través del diseño y construcción de dispositivos robóticos. Diversos autores se manifiestan sobre los beneficios de manipular objetos concretos como recurso didáctico pues esto permite que las estructuras mentales (lo abstracto) se vuelvan objetos controlables (lo concreto) (Jou, Wu & Wu, 2008; Levy & Mioduser, 2008; Wiesner-Steiner y otros, 2007), aseverando que la construcción de elementos robóticos ayuda a asimilar conceptos abstractos y confusos, además de que se aprende a estudiar la realidad desde diferentes puntos de vista.

Los docentes entrevistados concuerdan con los autores que plantean que la RE permite generar entornos de aprendizaje heurísticos basados fundamentalmente en la acción de los estudiantes, quienes ocupan gran parte de su tiempo simulando fenómenos y mecanismos, diseñando y construyendo prototipos robóticos, participando de ambientes de aprendizajes altamente motivadores, innovadores e interdisciplinarios (Arlegui y otros, 2008; Bers y otros, 2006; Sánchez, 2003; Ruiz-Velasco, 1996; Ruiz-Velasco y otros, 2006). Tal situación concuerda con lo planteado por Monereo y otros (2006) al describir los elementos que deben ser considerados en ambientes de aprendizaje que permiten estimular el aprendizaje significativo. Se establece que no basta con los procedimientos disciplinares sino que deben ser considerados los procedimientos interdisciplinarios que permiten desenvolverse en diferentes disciplinas o áreas del currículum escolar. Recurriendo, además, a procedimientos algorítmicos y heurísticos.

Al interior de cada taller se gestionan distintas temáticas asociadas al aprendizaje. Por un lado, se encuentra el aprendizaje de tipo curricular el cual se encuentra dado por las estructuras de los planes y programas de estudio emanados del Ministerio de Educación de Chile. Cuando el aprendizaje

curricular abarca más de un sub-sector de aprendizaje, se manifiesta la interdisciplinariedad de la RE.

Arlegui y otros (2008); Jou, Wu & Wu (2008); Vilhete & Lizárraga (2002), y Palleja y otros (2008) reconocen que la interdisciplinariedad es una acción inherente a la actividad de diseñar, desarrollar y controlar robots debido a la posibilidad de establecer relaciones con diferentes áreas, favoreciendo la transferencia de conocimientos.

El mencionado aprendizaje curricular se relaciona con el diseño de la maqueta robotizada que se construirá al final del proceso. En ello reside la importancia de efectuar una buena etapa de diseño del proyecto de maqueta donde la reflexión referente a ¿cómo se realizará?, es la base para la satisfacción en la obtención del producto. En esta instancia, el estudiante reflexiona sobre «el hacer», determina, planifica y organiza ¿qué va a realizar?, ¿cómo lo hará? y ¿porqué? El docente, por su parte, adopta una posición de acompañante y guía para ‘aterrizar’ las reflexiones de sus estudiantes. Chambers y otros (2007), así como Ruiz-Velasco (1996) declaran que la RE permite integrar los conocimientos previos y los nuevos desde una nueva perspectiva de adquisición de conocimientos, de la organización y construcción del saber, alejada de lo meramente descriptivo.

Otra de las temáticas de aprendizaje abordadas a través del taller es el aprendizaje del uso del software, donde los estudiantes incorporan el lenguaje de programación que dará vida al proyecto robótico. En una primera etapa, el sujeto se instruye sobre las sentencias y la lógica de programación. El docente adopta un rol más preponderante, en esta instancia la enseñanza es más dirigida, atendiendo a una estrategia más conductista. Una vez adquiridos los conocimientos teóricos referentes al lenguaje de programación a utilizar, a través de procedimientos algorítmicos, comienza la etapa de aplicación donde el estudiante debe transferir lo aprendido para resolver distintas situaciones problemáticas o bien para dar respuesta a las propias necesidades de programación de su proyecto robótico, generando las sentencias que permitan conectar las interfases a la maqueta, creando el efecto deseado mediante el lenguaje Logo.

La construcción del elemento robótico va estrechamente relacionado con la programación del mismo, y ello debe dar respuesta a las necesidades del diseño. Al construir dispositivos el estudiante desarrolla sus capacidades psicomotoras, así como también puede experimentar resolviendo situaciones que no fueron previstas en la elaboración del diseño de la maqueta. Miglino y otros (1999) plantean que los estudiantes comúnmente incurren en errores producto de una percepción irreal de las capacidades reales de su robot. Por medio de la experimentación con sensores, motores y controles, los estudiantes modifican continuamente su diseño hasta convertirlo en uno realista. Experimentan una comprobación inmediata de sus decisiones, por ejemplo, cuando los comandos de programación fueron incorrectos, si de inmediato se observa un mal funcionamiento técnico. Por este motivo se afirma que los estudiantes experimentan el proceso de la abstracción y de la interacción experimental sobre sus propias acciones y sobre las acciones tecnológicas. Este aspecto referente a la experimentación y el 'feedback' fue observado por Wiesner-Steiner y otros (2007) en su estudio sobre las facultades didácticas de la RE.

Los docentes reconocen que la RE estimula el aprendizaje significativo en los estudiantes, situación que ha sido planteada por Frangou y otros (2008), Nourbakhsh y otros (2005) y Sánchez (2001) quienes rescatan lo enriquecedor de los entornos de aprendizaje basados en el constructivismo. Quien aprende adquiere un rol activo de aprendizaje permitiendo ampliar sus conocimientos, relacionando lo nuevo con lo adquirido previamente. Esta relación consciente de los conocimientos activa el sistema de regulación del individuo, provocando una reflexión de su propio aprendizaje, desencadenando casi naturalmente los procesos de planificación, ejecución y evaluación de sus acciones. Para que lo anterior ocurra es importante que el estudiante esté sometido a situaciones que le permitan adquirir estrategias cognitivas para la resolución de problemas y la exploración de situaciones reales. Una variedad de investigaciones respaldan esta afirmación (Anderson & Baltes, 2006; Chambers y otros, 2007; Frangou y otros, 2008; Nourbakhsh y otros, 2005), por mencionar algunos.

Los profesores reconocen que el trabajo con RE hace que el estudiante se vea enfrentado constantemente a situaciones donde debe tomar decisiones o dar solución a determinados problemas, estimulándose la creatividad de los estudiantes. Este aspecto fue observado y comprobado por Do & Gross (2007); Chambers y otros (2007); Lau y otros (1999). Por su parte, Alimisis y otros (2007); Arlegui y otros (2008); Chambers y otros (2007); y Monereo y otros (2006), al analizar las capacidades de aprendizaje establecen que se desarrollan a través de la experiencia y requieren de un entorno social organizado, todo lo cual se conjuga para dar origen a las habilidades, las que se expresan en conductas y se desarrollan a través de la práctica. Investigaciones (Nourbakhsh y otros, 2005; Wiesner-Steiner y otros, 2007) reconocen que el trabajo en robótica requiere del manejo en aspectos de diseño mecánico, programación, trabajo en equipo y solución de problemas, y los docentes entrevistados concuerdan con ello.

9. CONCLUSIONES

La RE se fundamenta en un cambio de paradigma donde el estudiante debe desarrollar competencias que le permitan generar su autoaprendizaje. Desde esta perspectiva los docentes procuran desarrollar y proporcionar a sus aprendices ambientes de aprendizajes basados en el constructivismo. Se desmitifica la idea generalizada que sostiene que la robótica sólo tiene que ver con los contenidos de tecnología, matemática y ciencias, aceptándose su aplicabilidad en otros contenidos de aprendizaje, como por ejemplo en historia, geografía y astronomía, proyectándose como una disciplina que permite incorporar en un mismo proyecto a varios sub-sectores de aprendizaje. De este modo se estimula la transferencia de conocimiento.

El Modelo Pedagógico de la Robótica Educativa (MOPRE) que se desarrolla a través del trabajo con RE contextualiza el ambiente de aprendizaje en que se desenvuelve el sujeto. Este ambiente genera una constante dinámica entre lo concreto y lo abstracto optimizando las representaciones mentales del sujeto y situándole en el centro del proceso, como actor principal de éste.

Tal sinergia entre lo abstracto y lo concreto, lo real y lo virtual, promueve el desarrollo de capacidades, las que a través de la experiencia se transmutarán en habilidades. El aspecto «real» se ve representado por la vinculación con la vida cotidiana, mientras que lo «virtual» corresponde a las reglas del lenguaje de software. El tipo de pensamiento utilizado se representa de acuerdo al momento del proceso de aprendizaje. El pensamiento «abstracto» proyecta de acuerdo a normas generales del comportamiento de la realidad. El pensamiento «concreto», por su parte, es el lado investigativo y creativo. La RE estimula el desarrollo de las capacidades sociales, la capacidad de solución, la capacidad de organización y la capacidad de transferencia. Las capacidades expuestas en el modelo no son exclusivas de una etapa sino más bien están presentes de manera transversal en proceso de aprendizaje.

A los sujetos, al estar sometidos a diversos grados de complejidad, les exige tomar decisiones, confrontando en reiteradas ocasiones las capacidades desarrolladas. De esta manera conocen la realidad y también toman mayor conocimiento de sí mismos. El MOPRE propuesto es un arquetipo sistémico circular que considera cuatro etapas para desarrollar aprendizaje con RE:

- a) *Formulación del problema de la realidad*, etapa que evidencia lo «real», el aprendiz vincula el funcionamiento de la realidad con el problema al que debe dar respuesta. Al ser problemas observables y sin solución conocida por quienes trabajan en el proyecto, se estimula la capacidad de organización, se fortalece la investigación, la autonomía respecto del profesor y la interdependencia de los miembros del equipo.
- b) *Planificación y organización del proyecto*, donde el aprendiz desarrolla su pensamiento abstracto basado en la evidencia del comportamiento de los fenómenos existentes, planifica las estrategias para reproducirlo, modificarlo o bien diseña una nueva forma de comportamiento. Esta etapa se caracteriza por estimular las «capacidades sociales», fortaleciendo la creatividad de socializar soluciones nuevas e imaginar cómo concretarlas en abstracto. Requiere que cada miembro del grupo reconozca sus diversas habilidades, consensuar la administración

de recursos, desarrollar conocimiento grupal, practicar la comunicación y la tolerancia.

- c) *Construcción del robot*, donde el aprendiz desarrolla su pensamiento concreto, investiga y busca la forma de construir la solución, analizando diversas opciones hasta encontrar una respuesta que satisfaga la realidad que desea representar. Fortalece el trabajo colectivo y la interdependencia.

En esta fase el sujeto debe realizar una serie de acciones, por lo que se estimulan las habilidades psicomotoras al manipular objetos, y psicológicas al estar en constante motivación e inmerso en un ambiente de trabajo colectivo.

- d) *Programación*, en esta etapa evidencia lo «virtual» que corresponde a las reglas del lenguaje de software y el uso del software. Posibilita la exploración de nuevas posibilidades con el lenguaje o la investigación de lenguajes más complejos. La transferencia se manifiesta al redactar las sentencias de programación, estableciendo relaciones con conocimientos previos de ciencia, matemática u otro, a fin de dar solución al problema planteado. Esta etapa implica el proceso de aprendizaje del software, el profesor adopta un rol más protagónico al momento de iniciar a sus estudiantes en el lenguaje de programación. Cuando estos adoptan cierta experticia, su aprendizaje es más autodidacta y el profesor pasa a ser un apoyo en su proceso de aprender. Todos los elementos antes mencionados, son activos dentro el proceso de aprendizaje, originando un ambiente de aprendizaje satisfactorio y estimulante para el aprendiz.

Como se expresó anteriormente, el rol del docente cambia de acuerdo a la etapa en que se encuentre. En las fases de Formulación del Problema, Planificación y Construcción, el docente es una acompañante del proceso, media en la interacción del grupo, facilitando el aprendizaje constructivo, a diferencia de la etapa de Programación, donde su participación se acerca más al modelo de enseñanza tradicional conductista.

REFERENCIAS

- Acuña, A. (2004). *Robótica y Aprendizaje por Diseño*. Fundación Omar Dengo, Educación Tecnología y desarrollo. [Documento en línea] Disponible: http://www.educoas.org/Portal/ineam/premio/es58_2004.pdf [Consulta: 2005, Junio 22]
- Alimisis, D.; Frangou, S. & Papanikolaou, K. (2009). *A Constructivist Methodology for Teacher Training in Educational Robotics: The TERECOP Course in Greece through Trainees' Eyes*. Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. 24-29.
- Alimisis, D.; Moro, M.; Arlegui, J.; Pina, A.; Frangou, S. & Papanikolaou, K. (2007). *Robotics & Constructivism in Education: the TERECOP Project*. Eurologo. Bratislava.
- Arlegui, J.; Menegatti, E.; Moro, M. & Pina, A. (2008). *Robotics, Computer Science curricula and interdisciplinary activities*. Workshop proceedings of SIMPAR 2008. Venice, Italy (10-21).
- Anderson, J. & Baltes, J. (2006). *An agent-based approach to introductory robotics using robotic soccer*. Robot. Autom. 21(2): 141-152. *Science curricula and Interdisciplinary activities*. Workshop Proceedings of SIMPAR 2008, International Conference on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots, Venice (Italy) (10-21).
- Bers, M.; Rogers, C.; Beals, L.; Portsmore, M.; Staszowski, K.; Cejka, E.; Carberry, A.; Gravel, B.; Anderson, J. & Barnett, M. (2006). *Innovative session: early childhood robotics for learning*. In Proceedings of the 7th international Conference on Learning Sciences. International Society of the Learning Sciences (1036-1042).
- Cabrera, O. (1996). La Robótica Pedagógica. Un vasto campo para la investigación y un nuevo enfoque para la academia. *Soluciones Avanzadas*, 40, CEPAL-CLADES.
- Caci, B.; Cardaci, M. & Hautop, H. (2003). *Assessing Educational Robotics by the «Robot Edutainment Questionnaire»*. 3. The Maersk Mc-Kinney Moller Institute for Production Technology. University of Southern Denmark. Technical Reports.
- Chambers, J.; Carbonaro, M & Rex, M. (2007). Scaffolding Knowledge Construction through Robotic Technology: A Middle School Case Study. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*. 6: 56-70.

- Candelas, F.; Torres, F.; Gil, P.; Ortiz, P.; Puente, S. & Pomares, J. (2004). Laboratorio Virtual Remoto para Robótica y Evaluación de su Impacto en la Docencia. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*. 1(2): 49-57.
- Carpin, S.; Lewis, M.; Wang, J.; Balarkirsky, S. & Scrapper, C. (2007). *Usarsim: a robot simulator for research and education*. In Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA). (1400-1405).
- D'Abreu, J. & Chella, M. (1999). *Desenvolvimento de Ambientes de Aprendizagem Baseados no Uso de Dispositivos Robóticos*. Proceedings of the X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação SBIE99, Brazil.
- Do, E.Y. & Gross, M.D. (2007). *Environments for creativity: a lab for making things*. In Proceedings of the 6th ACM SIGCHI Conference on Creativity & Cognition. ACM, New York, NY, 27-36.
- Floría, A. (2000). *Pero... ¿Que es, Realmente, Usabilidad?*. [Documento en línea] Disponible: <http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/usab.htm> [Consulta: 2005, Diciembre 9]
- Frangou, S.; Papanikolaou, K.; Aravecchia, L.; Montel, L.; Ionita, S.; Arlegui, J. et al (2008). *Representative examples of implementing educational robotics in school based on the constructivist approach*. In Proceeding of the 2008 conference on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots. (54-65) Venice: Italy.
- Galvis, A. (1987). *Fundamentos de Tecnología Educativa*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Gatica, N.; Ripoll, M. & Valdivia, J. (2005). *La Robótica Educativa como Herramienta de Apoyo Pedagógico*. Las TIC en el Aula. Madrid: Anaya.
- Grimes, D. & Rau, R. (2009). *Learning Actions through Imitation and Exploration: Towards Humanoid Robots That Learn from Humans*. Creating brain-like intelligence: From basic principles to complex intelligent systems. Berlin: Springer.
- Hernández, A. & Reyes, S. (2008). *La Evaluación del aprendizaje: Alternativas que favorecen la interdisciplinariedad*. [Documento en línea] Disponible: <http://www.cujae.edu.cu/eventos/convencion/Sitios/Efing/trabajos/29C%20EF%20A.Hernandez,%20CUB.pdf> [Consulta: 2009, Mayo 13]

- Jou, M.; Wu, M. & Wu, D. (2008). *Development of Online Inquiry Environments to Support Project-Based Learning of Robotics*. In Proceedings of the 1st World Summit on the Knowledge Society: Emerging Technologies and information Systems For the Knowledge Society. M.D. Lytras, J.M. Carroll, E. Damiani, and R.D. Tennyson, Eds. Lecture Notes In Artificial Intelligence. 5288: 341-353. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Lau, K.W.; Tan, H.K.; Erwin, B.T. & Petrovic, P. (1999). *Creative Learning in School with LEGO Programmable Robotics Products*. ASEE/IEEE Frontiers in Education Conf., San Juan: Puerto Rico (26-31).
- Levy, S.T. & Mioduser, D. (2008). Does it «want» or «was it programmed to...»? Kindergarten children's explanations of an autonomous robot's adaptive functioning. *International Journal of Technology and Design Education*, 18(4): 337-359.
- Liang, W.; Readle, J.C. & Alder, C. (2006). Teaching robotics to cybernetics students. *International Journal of Electrical Engineering Education* 43(4): 358-368.
- Linder, S.; Nestruck, B.; Mulders, S. & Lavelle, C. (2001). Facilitating Active Learning with Inexpensive Mobile Robots. *Journal of Computing Sciences in Colleges* JCSC 16 (4):21-33.
- Lundgren, S.; Torgersson, O.; Hallnäs, L.; Eriksson, E. & Ljungstrand, P. (2006). *Teaching Interaction Design: Matters, Materials and Means*. Pader Presented In DRS Wonderground conference. 1-4 de noviembre. Lisboa-Portugal.
- McGovern, A. & Fager, J. (2007). *Creating significant learning experiences in introductory artificial intelligence*. (39-43). In Proc. Conf. on Computer Science Education (SIGCSE). ACM.
- Marchesi, A.; Coll, C. & Palacios, J. (1999). *Desarrollo psicológico y educación*. El Libro universitario / Alianza Editorial. Madrid: Alianza Editorial.
- Martínez, R.; Astiz, M.; Medina, P.; Montero, Y. & Pedrosa, M. (1998). *Actitudes y Hábitos de los Maestros hacia la Informática en la Educación*. IV Congreso RIBIE, Brasilia. [Documento en línea] Disponible: <http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt200342414857263.PDF> [Consulta: 2009, Julio 24]
- Miglino, O.; Cardaci, M. & Hautop, H. (1999). Robotics as an Educational Tool. *Journal. of Interactive Learning Research* 10, (1): 25-47.

- Monereo, C.; Castelló, M.; Clariana, M.; Palma, M. & Pérez, M. (2006). *Estrategias de la Enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en la escuela*. 11º Edición. España: Editorial Graó.
- Montilla, G.; Noguera, H. & Villegas, H. (2000). *Heurística de Nielsen extendida para la evaluación de las interfaces del software educativo*. Chile: RIBIE2000.
- Nourbakhsh, I.; Crowley, K.; Bhave, A.; Hamner, E.; Hsiu, T.; Pérez-Bergquist, A.; Richards, S. & Wilkonson, K. (2005). The Robotic Autonomy Mobile Robotics Course: Robot design, curriculum design and educational assessment. *Autonomous Robots* 18:103-127.
- Odorico, A. (2004). Marco teórico para una robótica pedagógica. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*. 1(3): 34-46.
- Palleja, T.; Tresanchez, M.; Font, D.; Teixido, M. & Palacin, J. (2008). *Diseño y Construcción de un Robot Móvil como Herramienta Docente en Asignaturas de Electrónica*. UNED. [Documento en línea] Disponible: <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=tae:congreso-2008-1065&dsID=S3A01.pdf> [Consulta: 2010, Junio 25]
- Passerino, L. & Possamai, C. (2004). *O Processo de CooperaÇão e ResoluÇão de Problemas Apoiado Pela Robótica Educativa com Adolescentes*. VII Congreso Iberoamericano de Informática Educativa. Monterrey, 1324-1333.
- Piotrowski, M. & Kressly, R. (2009). IED Clean-Up: A Cooperative Classroom Robotics Challenge. *Technology Teacher*, 68 (4): 15-19.
- Raffle, H.; Yip, L. & Ishii, H. (2007). *Remix and Robo: sampling, sequencing and real-time control of a tangible robotic construction system*. Proceedings of the 6th International Conference on Interaction Design and Children. ACM, New York, NY, 89-96.
- Ruiz-Velasco, E. (1996). Ciencia y tecnología a través de la Robótica Cognoscitiva. *Perfiles Educativos*, 72, 97-116.
- Ruiz-Velasco, E.; Beauchemin, M.; Freyre, A.; Martínez, P.; García, V.; Rosas, L.; Minami, Y. & Velásquez, M. (2006). *Robótica Pedagógica: Desarrollo de Entornos de Aprendizaje con Tecnología*. Virtual Educa.
- Ruiz-Velasco, E. (2007). *Educatrónica: Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Madrid: Díaz de Santos.

- Sánchez, B. (2003). *Robots en la Educación*. EDUTEKA. Abril del 2004. [Documento en línea] Disponible: <http://www.eduteka.org/RoboticaPedagogica.php> [Consulta: 2005, Diciembre 12]
- Sánchez, J. (2001). *Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible*. Santiago: Dolmen Ediciones.
- Sánchez, M. (2004). *Ambientes de Aprendizaje con Robótica Pedagógica*. Tecnologías de Información y Comunicaciones para la Enseñanza Básica y Media. [Documento en línea] Disponible: <http://www.eduteka.org/RoboticaPedagogica.php> [Consulta: 2005, Diciembre 12]
- Shackel, B. & Richardson, J. (1991). *Human Factors for Informatics Usability. Usability – context, framework, design and evaluation* (21-37). Cambridge: Cambridge University Press.
- Singh, R.; Maire, F.; Sitte, J. & Tickle, A. (2006). *A Low Cost Controller Board fo Teaching Robotics*. Proceedings of the 3rd International Symposium on Autonomous Minirobots for Research and Edutainment (AMiRE 2005). Berlin: Springer.
- Vilhete, J. & Lizárraga, M. (1999). *Desenvolvimento de ambientes de aprendizagem baseados no uso de dispositivos robóticos*. Memorias do III Congresso Internacional Sudamericano de Ingeniería de Sistemas e Informática [Documento en línea] Disponible: [http://64.233.179.104/scholar?hl=es&lr=&q=cache:-GD1O7covHOc\]:teleduc.nied.unicamp.br/oea/mat/Telerobotica_joao_nied1.pdf+Desarrollo+de+Ambientes+de+Aprendizaje+Basado+en+elUso+de+Dispositivos+Rob%C3%B3ticos](http://64.233.179.104/scholar?hl=es&lr=&q=cache:-GD1O7covHOc]:teleduc.nied.unicamp.br/oea/mat/Telerobotica_joao_nied1.pdf+Desarrollo+de+Ambientes+de+Aprendizaje+Basado+en+elUso+de+Dispositivos+Rob%C3%B3ticos) [Consulta: 2005, Diciembre 12]
- Wiesner-Steiner, A.; Schelhowe, H. & Wiesner, H. (2007). The Didactical Potential of Robotics for Education with Digital Media. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 3(1) 36-44.