

INTERFACES ELECTRÓNICAS, LÚDICAS Y EDUCATIVAS

Cynthia LAWSON JARAMILLO¹

RESUMEN

Hablar de juegos, acertijos al mismo tiempo que se habla de las matemáticas y el lenguaje, hoy día, es algo frecuente cuando se trata de llegar a nuevos espacios educativos. Este artículo propone el diseño de un acertijo electrónico, más específicamente un pentominó electrónico, a partir de un marco teórico. Se parte de teorías de educación informal y constructivismo, de donde salen también las teorías de integración del juego en la educación. Un claro ejemplo de esta propuesta son las matemáticas recreativas, a las cuales pertenece la teoría de los poliminós. A partir de este marco teórico se presenta el diseño del juego electrónico. Se pretende no sólo hablar de la teoría pedagógica detrás de todo esto, sino también plantear la posibilidad de interfaz por fuera de la pantalla del computador, hablar de tecnología no como una máquina, sino como un proceso, a través de la cual el niño logra establecer relaciones de tipo experienciales y por ende transformar su propia búsqueda del conocimiento.

MARCO TEÓRICO

PIAGET Y EL CONSTRUCTIVISMO

Piaget: ¿De dónde viene el viento?

Julia (5 años): De los árboles.

Piaget: ¿Cómo sabes?

Julia: Los vi moviendo los brazos.

Piaget: ¿Y cómo es que eso produce viento?

¹ Este trabajo se desarrolló dentro del proyecto *Jóvenes Investigadores*, cofinanciado por Colciencias y Uniandes-Lidie, convenio especial de cooperación 034-97, recursos de Colciencias-BID III Etpapa.

Julia: Así (y mueve su mano en la cara de Piaget). Sólo que son más grandes. Y hay muchos árboles. [1]

Hablar del movimiento de reforma educativa hoy día es necesariamente hablar de las bases teóricas que plantea Piaget acerca de la manera diferente de pensar que tienen los niños. Se podría decir que el filósofo y psicólogo Jean Piaget fue el primero en tomar a los niños "en serio" [1].

Aunque otros como John Dewey, en Estados Unidos, Maria Montessori, en Italia, y Paulo Freire, en Brasil, han compartido este respeto hacia los niños, la influencia de Piaget en la educación moderna es definitiva.

Cuando se está investigando en la creación de nuevos espacios educativos, como lo hacemos en el proyecto Ludomática [2] empezamos a hablar de la educación como un proceso informal. Sin embargo, la propuesta es tan abierta que se ajusta a ambientes formales y no-formales, como una forma de ver la construcción de procesos de aprendizaje.

La educación informal se puede ver a grandes rasgos como aquella en la que se está siguiendo un proceso de aprendizaje impredecible. [3]

Es decir, cuando se está pensando en la creación o diseño de una herramienta de educación informal, se debe pensar constantemente en la vida cotidiana del aprendiz. Este debe sentir que está relacionándose de una manera natural con la herramienta pedagógica, y así sentir que está jugando, por ejemplo, mientras que en el fondo está llevando a cabo algún proceso de aprendizaje.

Aquí entramos en el campo y base conceptual del *constructivismo*. Este es tanto una teoría de aprendizaje como una estrategia para la educación [4]. El constructivismo se basa en dos tipos de "construcción." El primero asegura un aprendizaje como parte de un proceso activo, en el que las personas construyen su propio conocimiento a partir de sus experiencias en el mundo. Las personas no toman ideas; las hacen. Esta es la idea principal de las teorías constructivistas de Jean Piaget.

La segunda clase de construcción es que las personas elaboran nuevo conocimiento con algún tipo de interés cuando están involucrados en desarrollar productos con algún significado personal para ellos. En esta segunda clase, hay un desarrollo no solamente de una idea, sino de un proyecto concreto, bien sean castillos de arena, robots electrónicos o libros de hipertexto [4].

EL JUEGO

Se juega esencialmente por placer, pero los juegos son, además saludables. Sin embargo, es poco probable que lo sean si se juega sólo porque es saludable jugar.

- C. P. Snow [5]

Si se desea plantear nuevos espacios educativos para niños, resulta muy natural hablar del rol del juego en estos, o como lo plantea el proyecto Ludomática [2], pensar en *ambientes lúdicos*². En este se plantea "que los ambientes lúdicos pueden ser algo más que una ocasión para entretenerse y divertirse, si se ponen en juego componentes de vida, formas asociativas y retos que comprometan nuestras potencialidades físicas, mentales, afectivas y creativas."

Resulta curioso plantear el juego como parte fundamental de los nuevos procesos educativos, siendo que desde la Iluminación, a principios del siglo XVIII se ha incluido diversos juegos en la educación. Los *juegos de espíritu* aristocráticos y los *problèmes divertissans* ocultos llegaron a ser demostraciones populares basados en el principio de educar mientras se entretenía [6].

Aunque pueda parecer contradictorio continuar con teorías de hace 200 años para plantear nuevos cambios, como bien lo plantea Seymour Papert, "las habilidades de aprendizaje más importantes que veo que los niños obtienen de juegos son aquellas que les dan el poder de tomar cargo de su propio aprendizaje [7]." Y el simple hecho de poder hacer que el niño se apropie de su propio aprendizaje ya es revolucionario.

Como bien lo plantea Papert en su artículo, lo interesante de los "mejores juegos" es que son los más difíciles, y por ende, los que obligan al jugador buscar una cantidad de conocimiento necesaria para lograr dominar el complejo juego. Este reto que siente el niño al afrontarse a un juego le quita el aburrimiento que puede encontrar en los currículos escolares, que caen en el error de buscar fragmentar el aprendizaje en pequeños pedazos. Siguiendo este paralelo, entre currículo y juego, se podría hasta llegar a plantear que un diseñador de juegos tiene más idea de lo que es el aprendizaje para un niño, que un diseñador de currículos [7].

El antropólogo psicológico Roger Caillois dividió los juegos del mundo en cuatro grupos: *agon*, o aquellos en que la competencia es su particularidad más fuerte; *alea*, o todos los juegos de azar; *ilinx*, o aquellos que crean vértigo al mezclar percepciones ordinarias; y *mimicry*, o actividades en las que se crean realidades alternas [6].

Y de esta manera podríamos seguir clasificando los juegos dependiendo del tema que traten: matemáticas recreativas, presentaciones colaborativas de magia, experimentos, máquinas de aprendizaje, y exposiciones de historia natural, fueron algunos de los métodos utilizados para enseñar durante la Iluminación [6].

MATEMÁTICAS RECREATIVAS

¿Qué son las matemáticas si no la resolución de acertijos? ¿Y qué es ciencia si no un esfuerzo sistemático para mejorar y encontrar mejores respuestas a los acertijos planteados por la naturaleza? - Martín Gardner [8]

² Del latín *ludus*, juego. Relativo o perteneciente al juego (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, XX edición, 1984)

El juego en las matemáticas es lo que le da lo recreativo a las matemáticas recreativas. Estas se ven representadas de diversas maneras: un acertijo por resolver, un juego competitivo, un truco de magia, un paradoja, una falacia, o simplemente matemáticas con cualquier agregado curioso. Es difícil discernir si estos ejemplos son matemática pura o aplicada, porque por un lado, las matemáticas recreativas son puras, ya que no están contaminadas por la utilidad. Por otro lado, son aplicadas ya que cumplen con la necesidad universal del humano de jugar.

Y es esta necesidad de jugar que hasta se puede encontrar tras las matemáticas "no recreativas." Es comparable mirar el placer que tiene un joven al resolver un acertijo, con lo que siente un matemático al resolver un difícil problema.

Como bien lo plantea Martin Gardner, cada vez se reconoce más el valor pedagógico de las matemáticas recreativas, y esto se refleja en su utilización en diversos libros matemáticos [8].

Y aunque hasta el momento "este aspecto de la matemática es poco reconocido [5]," se puede llegar a hacer una revisión de la historia de las matemáticas y encontrar diversos acertijos y problemas entrelazados con los grandes descubrimientos de esta rama de la ciencia.

Un ejemplo de la antigüedad de las matemáticas recreativas es el papiro Rhind (Figura 1), del año 1850 antes de Cristo, donde se ve que las matemáticas egipcias estaban en gran parte basadas en problemas de tipo acertijo [9].



Figura 1 Papiro Rhind del año 1850 AC

En el papiro se plantea el siguiente acertijo:

Siete casas tienen siete gatos. Cada gato mata siete ratones. Cada ratón había comido siete pedazos de grano. Cada pedazo de grano habría producido siete hekats de trigo. Cuál es el total de todos estos?

Los matemáticos griegos también contribuyeron al tema con muchos acertijos clásicos. Arquímedes trabajó varios problemas en sus publicaciones, entre los cuales se encuentra la división de un cuadrado en 14 pedazos, lo que planteaba un juego parecido al muy conocido *tangram*. Estos son de origen chino y no exigen mucha habilidad matemática, sin embargo es interesante ver cuántas figuras se pueden armar a partir de 7 piezas del tangram. De nuevo aparece el número mágico siete, que ya había protagonizado el *Liber Abaci* del matemático Fibonacci en 1202.

Los tangram ganaron popularidad cuando fueron planteados como los personajes de Alicia en el país de las maravillas (Figura 2), terminado por Lewis Carroll en 1865. Carroll, quien en realidad se llamaba Charles Lutwidge Dodgson, matemático, escritor de libros matemáticos, y lógico, se interesó más por sus planteamientos matemáticos como juegos que como medidas de razón.



Figura 2 Personajes de Alicia en tangram

De los acertijos y recreaciones más recientes vale la pena destacar cuatro, por su frecuente aparición en diversos paquetes de *software* educativo. El primero es el *15 Puzzle* producido por el matemático estadounidense, Sam Lloyd, en 1878.

La mayoría de los acertijos de las matemáticas recreativas pueden ser directamente vinculados con un área de estudio de esta ciencia. Por ejemplo, el acertijo de Lloyd ilustra propiedades importantes de permutaciones.

Cinco años después, en 1883, un tal N. Claus de Siam del Colegio de Li-Sou-Stian publicó el acertijo de las *Torres de Hanoi* (Figura 4). Este nombre y universidad son anagramas de Lucas d'Amiens quien enseñaba en el Lycée Saint-Louis. Este matemático francés, bajo su verdadero nombre de Edouard Lucas es reconocido por

sus investigaciones en teoría de números, en particular la serie de Fibonacci (1,2,3,5,8,13,21,...), de donde claramente derivó este acertijo.

En 1954 el joven matemático Solomon W. Golomb definió el término poliminó como un conjunto de cuadrados simplemente conectados [8]. Golomb se refería a un grupo de cuadrados unidos en los bordes [8]. A partir de este término, se pueden definir los distintos poliminós para cualquier número entero de cuadrados. Es de nuestro interés profundizar en los pentominós, los cuales se discutirán más adelante.

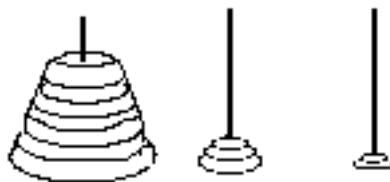


Figura 3 Representación de las Torres de Hanoi

El último y más reciente de los acertijos "modernos" es el cubo Rubik, inventado por el húngaro Ernő Rubik, en 1974. El cubo consiste en 3 x 3 x 3 cubos más pequeños, los cuales se pueden ordenar de 43,252,003,274,489,856,000 maneras, siendo sólo una de ellas, la posición inicial. Resolver este cubo refleja la importancia de conjugados y conmutados dentro de un grupo.

Hoy día son tan frecuentes y populares los diferentes acertijos y recreaciones matemáticas, que su integración a diversos espacios educativos es una transición obvia y natural, tanto para los educadores como para los educandos.

POLIMINÓS

Los acertijos sacan al niño de lo obvio, para llevarlo al mundo del pensamiento creativo.

- Le jeu éducatif [10]

En 1954, un estudiante de posgrado de 22 años de la Universidad de Harvard publicó el artículo "Tableros de damas y poliminós" en el *American Mathematical Monthly*.

La manera en que están conectados los cuadrados del pentominó es similar al movimiento de una torre en un juego de ajedrez. Es decir, una torre se puede desplazar de un cuadrado cualquiera a otro con un número finito de movimientos.

De esta manera, se va creando el monominó, dominó, triminó, tetrominó, y pentominó, con uno, dos, tres, cuatro y cinco cuadrados respectivamente. Al seguir las reglas de conexión de Golomb, que tienen sólo una restricción - que la unión entre

un cuadrado y otro sea una línea recta, no un punto – obtenemos los diagramas de los poliminós para n (número de cuadrados) entre uno y cinco. Se muestran los pentominós (Figura 4), ya que es a partir de estos que se generan interesantes problemas matemáticos.

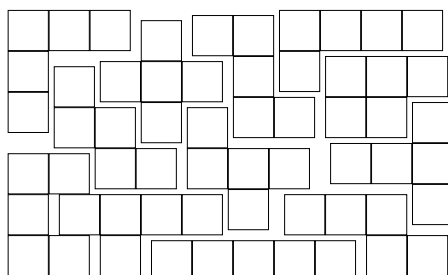


Figura 4 Los doce pentominós en el rectángulo de 6 x 10

LA PROPUESTA

Al tener una revisión de literatura y marco teórico se puede entrar a la propuesta que se desea desarrollar en este artículo, un *pentominó electrónico*. Mas que un simple juego con fichas, o una herramienta didáctica, es interesante plantear el pentominó como una nueva propuesta de interfaz electrónica, lúdica y educativa. Para llegar al diseño final de la interfaz, es necesario explorar tres características del diseño: la interfaz, como propuesta tecnológica sin computador; la electrónica, como base fundamental de la interacción con el pentominó; y finalmente las posibilidades que ofrece el *pentominó electrónico* versus el pentominó tradicional de plástico o madera.

INTERFAZ

Como bien la define el Profesor José Miguel Poveda, "la palabra interfaz proviene del idioma inglés: Inter Face (entre dos caras), surgiendo de su función como traductor entre la computadora y el robot. [11]"

Esta definición se puede generalizar de tal manera que interfaz sea cualquiera sistema de traducción o comunicación entre un elemento y otro. Por ejemplo, la interfaz entre una persona y un bombillo es el *switch* en la pared, ya que de es a través de este que la persona puede controlar el encendido de la luz. De la misma manera, el *pentominó electrónico* se puede considerar una interfaz en su totalidad, ya que es un medio por el cual el *usuario* se comunica con cierto grupo de elementos tecnológicos, ejerciendo algún control sobre los mismos.

Llevar esta generalización un paso más, nos lleva a tener un sistema hombre-máquina. Estos sistemas se pueden definir como "la combinación de uno o más seres humanos y uno o más componentes físicos interactuando para producir, a partir de ciertas entradas, alguna salida deseada. [12]" En nuestra propuesta de interfaz, las entradas son los movimientos que hace el usuario con las fichas del pentominó, y las salidas son las luces o sonidos producidas en respuesta a la "jugada."

En un sistema hombre-máquina, enmarcado en un ambiente de trabajo, se definen ciertos elementos a ambos lados de la interfaz. Del lado de la máquina tenemos los controles; el centro de la operación, donde la máquina controla entradas y salidas; y los *displays* por medio de los cuales la máquina se comunica con el humano. Del lado del hombre tenemos los sentidos que captan los mensajes transmitidos por la máquina a través de los *displays*; el procesamiento de la información, que toma lugar en el cerebro; y por último las posibilidades que tiene el humano de controlar la máquina, es decir, de enviarle entradas.

En el *pentominó electrónico* que se plantea, los controles son las fotoceldas ya que son las que le envían la información de la ficha a los circuitos lógicos, que serían la central de operación. Los *displays* son diodos emisores de luz (LED's), que se prenden y se apagan de acuerdo a la jugada. El humano percibe las luces, y de acuerdo a las mismas, decide qué ficha colocar en la siguiente *jugada*. Las fichas, entonces vendrían a ser la manera en la que el usuario controla la interfaz.

LA ELECTRÓNICA

No importa qué tan complicado sea, todos los circuitos digitales integrados están contruidos a partir de unos ladrillos llamados compuertas. Las compuertas son *switches* controlados electrónicamente [13].

Al plantear una alternativa lúdica, pero también pedagógica, es ideal maximizar las posibilidades, tanto de juego como de aprendizaje. Es por esto que resulta interesante no sólo construir una interfaz a partir de tecnología, sino que esta sea transparente, para que de esta manera, el usuario no sólo use la interfaz sino que entienda cómo funciona. Al entrar a trabajar con electrónica, como con cualquier área de la ciencia o el arte, es lógico empezar por lo más básico. Ya que todo circuito está basado en compuertas lógicas, el *pentominó electrónico* también va a estar controlado por estas.

Estudiar compuertas lógicas abarca diferentes temas aplicables en muchas situaciones: electrónica, lógica matemática, sistemas numéricos, entre otros.

Las compuertas lógicas conforman la central de operación del *pentominó electrónico*, en este caso, visto como la máquina.

Esta central de operación recibe entradas y produce salidas. Las entradas será la señal de las fotoceldas, llamadas también fotoresistencias. Estos elementos controlan su corriente producida, a partir de la luz que detectan en su superficie. La interacción con estas fotoceldas en nuestro pentominó funciona a partir de la colocación de la ficha sobre estas, de manera que "ellas" sabrán si están tapadas o no.

Hay una fotocelda por cuadrado (es decir, cinco fotoceldas por ficha del pentominó) y envía cierta corriente a una compuerta lógica, la cual puede entonces saber qué ficha se ha colocado y en qué posición. Si una compuerta lógica no detecta un "1" (corriente), "sabe" que ese cuadrado del tablero aún no ha sido cubierto. De esta manera, detectando ficha por ficha, la central de operación del pentominó podrá saber cuándo el jugador ha "ganado", es decir, ha completado alguna de las figuras que tiene en memoria.

El *display*, o la manera que el sistema se comunica con el usuario, es a través de diodos emisores de luz (LEDs). Estos componentes electrónicos emiten luz a partir de una corriente que reciben de entrada. Al ver los bombillos que se aprenden, apagan y cambian de color, el usuario tendrá una guía de su desarrollo en la jugada.

Las fichas son transparentes, de acrílico preferiblemente, para que la luz se vea a través de las fichas. Cuando se coloca una ficha, se prenden LEDs amarillos correspondientes a esa ficha. Si hay una fotocelda y un LED por cuadrado, cada ficha del pentominó tendrá cinco luces que la atraviesan. Cuando el pentominó detecta la terminación de una de sus figuras en memoria, prende LEDs verdes, indicando al jugador que ha "terminado" o "ganado." El color de las luces se escogió a partir de las teorías de factores humanos en ingeniería y diseño [12]. En estas se plantea que el amarillo se usa como un color de estado intermedio, mientras que el verde es universalmente un color de avance, o cambio positivo de estado (como en un semáforo.) Estos términos son relativos, ya que debido a las diversas posibilidades de juego en el tablero, no hay en realidad concepto de terminar o ganar, sino de interactuar y resolver problemas.

LAS POSIBILIDADES

Es importante destacar las ventajas que tiene el desarrollo de un pentominó electrónico, versus uno tradicional de madera o fichas de plástico, para justificar el desarrollo de esta propuesta.

La mayoría de los pentominós en el mercado tienen una base rectangular o cuadrada, enmarcando sólo una de las muchas posibilidades de juego que existen con estas doce fichas. En la Figura 5 se aprecian dos de las muchas posibilidades que existen en cuanto a la organización de las doce fichas del pentominó. No solamente se pueden formar rectángulos y cuadrados, sino también figuras que en algunos casos se pueden comparar con aquellas del tangram. Al producir un pentominó con un tablero

restrictivo (de 6 x 10, 5 x 12, etc) se está limitando la creatividad y posibilidad de interacción del usuario.

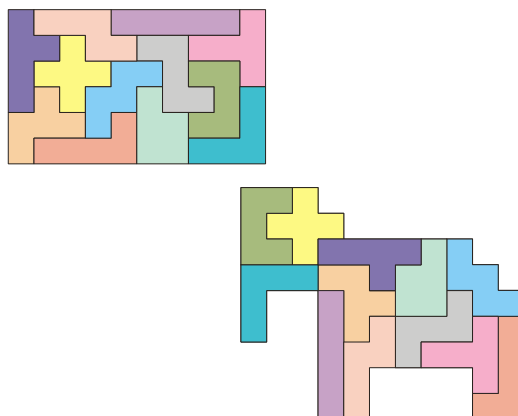


Figura 5 Algunas de las posibilidades de juego con los pentominós

El *pentominó electrónico* se juega sobre un tablero de 20 x 16 (Figura 6). Estas unidades no son medidas sino el número de cuadrados. Si cada ficha del pentominó tiene cinco cuadrados de 1 cm cada uno, el tablero es, entonces de 20 x 16 cms. Es una proporción que se establece de acuerdo al tamaño de cada ficha.

La medida de este tablero se determinó a partir de las posibilidades de juego planteadas por Jon Millington en su libro *Pentominós* [14]. En su libro, el cual es más como una cartilla educativa, Millington plantea casi 100 juegos diferentes con las fichas del pentominó. Muchos de estos tienen más de mil maneras de solucionarlos. Aunque existen más posibilidades, de acuerdo a la bibliografía que se utilice, los juegos planteados por Millington abarca suficientes posibilidades, para que el *pentominó electrónico*, sea versátil, no sólo para el jugador, sino también para el educador que lo utilice integrado a su espacio educativo.

El elemento visual en el juego ha sido un factor muy importante, como lo plantea Barbara Maria Stafford en su libro [6]. Esta autora hace un recorrido histórico del entretenimiento y la educación desde la Iluminación hasta hoy día. Se plantean claros ejemplos en donde no queda duda alguna que, al interactuar con cualquier elemento, el hombre percibe a través de sus cinco sentidos, mucho más allá del contenido pedagógico, por ejemplo.

El diseño visual del *pentominó electrónico* no sólo permite tomar ventaja de la sensibilidad humana, sino que también sirve de refuerzo y motivación a la persona que esté interactuando con el mismo. Refuerzo porque los LEDs van indicando al

usuario que el juego ha "detectado" su movida. De alguna manera el sistema está mostrando su participación en la interacción. Y la motivación, porque precisamente el manejo de color en los LEDs va indicándole al interactor, que el sistema puede validar su jugada total.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320

Figura 6 Tablero del pentominó electrónico

Resulta natural pensar que una propuesta tecnológica sea más viable si se desarrolla como *software*, principalmente por el factor económico. Sin embargo, al tener una interfaz física se pueden ampliar las posibilidades de aprendizaje del usuario en su interacción con esta.

En el caso del *pentominó electrónico*, se tienen dos grandes áreas de conocimiento. Por un lado, la que ofrece la teoría de matemáticas recreativas en cuanto a los poliminós, y en este caso, pentominós. Esta área estaría también presente si el desarrollo es dentro del computador. La segunda área, y la que sólo se tendría en esta propuesta de interfaz física es la de electrónica. Sería ideal desarrollar un pentominó de tal manera que el niño o niña tenga acceso a la circuitería del mismo. No sólo poder ver las compuertas lógicas, LEDs, fotoceldas y demás componentes, sino también poder manipularlos amplía lo que se puede llevar el usuario del juego. Además, ampliaría sus posibilidades de juego, al alterar las conexiones entre las fotoceldas, las compuertas y los LEDs.

CONCLUSIONES

El juego en espacios educativos no es una idea nueva. Los grandes investigadores del momento en el área aseguran que es una opción muy interesante tanto para el educador como para el educando. Es importante, sin embargo no usar el juego como simple forma de entretenimiento, sino ir un paso más allá y poder entrar en temas pedagógicos constructivistas. En este momento a nivel mundial se está investigando y desarrollando tecnología a partir de esta idea de espacios lúdicos y educativos. Esta área, la informática educativa, desafortunadamente se ha centrado más que todo en trabajar la tecnología dentro del computador, es decir, *software*.

Como se plantea en este artículo hay varias razones por las cuales resultan interesantes la investigación y desarrollo de interfaces físicas, en este caso, también electrónicas, lúdicas y educativas. Plantear una interfaz física se puede ver como un paso antes de la robótica educativa, ya que en esta última, hay total libertad de diseño y elaboración por parte del usuario. Esta propuesta de desarrollo del *pentominó electrónico* es flexible en cuanto puede ofrecer la rigidez de un juego tradicional de fichas, y la versatilidad que existe cuando se trabaja con componentes electrónicos.

REFERENCIAS

1. PAPERT, S. Papert on Piaget. *Time* (March 29, 1999).
2. BEJARANO, G. (1998) Conceptualización pedagógica Proyecto Ludomática. Santa Fe de Bogotá: UNIANDES-LIDIE, Proyecto Ludomática (*mimeografiado*)
3. <http://www.infed.org>
4. RESNICK, M. Distributed Constructionism. *Proceedings of the International Conference on the Learning Sciences Association for the Advancement of Computing in Education*. (Northwestern University. Julio 1996).
5. RECAMAN, B. (1997) *Juegos y acertijos para la enseñanza de las matemáticas*. Santa Fe de Bogotá: Grupo Editorial Norma.
6. STAFFORD, B. (1994) *Artful Science – Enlightenment Entertainment and the Eclipse of Visual Education*. Cambridge: The MIT Press.
7. PAPERT, S. Does Easy Do It? Children, Games and Learning. *Game Developer* (June 1998).
8. GARDNER, M. (1959) *The Scientific American Book of Mathematical Puzzles & Diversions*. New York: Simon and Schuster.
9. <http://www.-groups.dcs.st-and.ac.uk:80>
10. Le jeu éducatif. En: *L'Éducation Enfantine* (9) may-jun 1986.
11. GARCIA, J.M. *Robótica Educativa: Su importancia en el aprendizaje de las ciencias*
12. SANDERS, M., y MCCORMICK E. (1993) *Human Factors in Engineering and Design*. New York: McGraw Hill, Inc.
13. MIMS, F. (1983) *Getting Started in Electronics*. Radio Shack.
14. MILLINGTON, J. (1987) *Pentominoes*. Tarquin Publications.