

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA



Vicerrectoría de Investigación y Extensión

Informe Final Proyecto de Investigación

Luthiers de la Tecnología (LuTec). Construcción de productos educativos mediante el uso de laboratorios de fabricación personal. III Etapa: Elementos de construcción y programación de robots.

Autores:

**Milton Villegas Lemus,
investigador principal
mvilem@usa.net**

**Escuela de Computación
Marcela Guzmán Ovarés
maguzman@itcr.ac.cr**

Vicerrectoría Investigación y Extensión

**Cartago, Costa Rica
Febrero, 2012**

Tabla de Contenido

Título:	3
Autores:	3
Resumen	3
Palabras claves	4
Introducción.....	4
La naturaleza y alcance del problema investigado	4
Objetivos del trabajo	5
Metodología.....	6
Población y muestra de estudio	6
Diseño de la investigación	6
Métodos técnicos e instrumentos de investigación	7
Procedimientos de recolección de información	9
Resultados	10
Módulos	10
Algunos proyectos desarrollados	13
Modelo	14
El modelo a aplicar planteado	14
Discusión y Conclusiones.....	14
Recomendaciones.....	15
Referencias	16

Título:

Luthiers de la Tecnología (LuTec), construcción de productos educativos con el uso de laboratorios de fabricación personal

III Etapa: Elementos de construcción y programación de robots

Autores:

Lic. Milton Villegas Lemus, investigador principal, profesor

mvilem@usa.net

Escuela de Computación

M.Sc. Marcela Guzmán Ovares

maguzman@itcr.ac.cr

Vicerrectoría Investigación y Extensión

Resumen

Como resultado de esta investigación se logró diseñar, construir y probar los módulos planteados; estos fueron: contadores, temporizadores y sensores de luz, aunque estos últimos se pueden adaptar a cualquier sensor de temperatura o presión con tan solo garantizar una entrada de señal en el intervalo [0,5] voltios.

La programación de los módulos tuvo un cambio radical en el diseño propuesto en la etapa anterior de este proyecto, por un sistema de más potencial de uso. En lugar de usar un compilador para realizar la programación, más bien se cambió el enfoque por el diseño de un aparato para programar los módulos, haciendo innecesario un computador para programarlo.

Con base en las herramientas de fabricación digital, se analizaron los módulos ya desarrollados y se hizo una búsqueda de opciones de fabricación de módulos de bajo costo para el apoyo de ambientes de aprendizaje mediante el desarrollo de

proyectos que tuvieran el potencial para presentarse en diferentes instancias de las ferias científicas nacionales.

Las especificaciones de los módulos para construcción de proyectos (o prototipos) obtenidas en la etapa anterior de la investigación, aunadas a la revisión de opciones de construcción de módulos de robótica para los ambientes de fabricación digital, sirvieron como insumo para establecer el diseño funcional; se evaluaron diferentes variables usando una función peso tales como tiempo de fabricación (20%), consumo de corriente (10%), costo (30%) y facilidad (40%), otorgando el peso más significativo a la facilidad para su aplicación en campo en zonas rurales donde no hubiese presencia de la Fundación Omar Dengo.

Los resultados de este proyecto han sido de utilidad para niños de ambos sexos, en el desarrollo de proyectos de ciencias en diferentes escuelas del país y tienen el potencial para su uso en otras naciones.

Palabras claves

Ambientes construccionistas, robots para aprendizaje, ferias científicas, fabricación digital-

Introducción

La naturaleza y alcance del problema investigado

Existe un bajo rendimiento a nivel nacional en escuelas y colegios, especialmente públicos, en áreas de estudio como matemáticas (72%) y ciencias (en química y física mayor al 80%), según el XIV Informe del Estado de la Educación PEN [1] y el III Informe PEN [2]. El esquema implantado en la actualidad por el Ministerio de Educación es básicamente magistral y, aunque se están intentando opciones que se apartan un poco de esa línea, no se cuenta con un conjunto concreto de herramientas de bajo costo que puedan entrar dentro de lo sostenible, para el presupuesto de dicho Ministerio o instituciones afines.

Con base en la experiencia generada en una etapa anterior a este proyecto de investigación, se planteó una lista de módulos básicos y concretos pero suficientes para que los niños puedan construir sus proyectos o prototipos rápidos de conceptos y esto los conduzca al aprendizaje de conceptos de ciencias. El fundamento pedagógico seguido para organizar las actividades fue el constructorista.

Objetivos del trabajo

El objetivo general fue diseñar un módulo programable utilizando materiales y partes accesibles, que fuera de fácil construcción y que contara con las funciones mínimas para recibir señales de los sensores y para controlar los activadores a menor costo y accesible en comparación con los productos existentes. Este objetivo se cumplió cabalmente.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

1. Usar robots para la participación en ferias científicas de alumnos de primaria y de secundaria.
2. Construir módulos con capacidad de procesamiento para otorgar opción de programación a los prototipos.
3. Desarrollar interfaces para integrar los módulos desarrollados con los nuevos módulos programables.
4. Re-diseñar y desarrollar un ambiente de programación gráfico para los módulos con capacidad de procesamiento de datos.
5. Definir y probar un modelo sostenible para incluir los campamentos de *Aprendizaje por Construcción* como programa de trabajo después de la escuela.
6. Aumentar la participación en Ferias Científicas de alumnos de penúltimo año y último año de escuela.
7. Diseñar e implantar módulos de hardware para la construcción de prototipos adecuados para estudiantes de los dos últimos años de escuela.
8. Diseñar e implantar módulos de software para la construcción de prototipos adecuados para estudiantes de los dos últimos años de escuela.

9. Difundir resultados en foros nacionales y extranjeros.

De los anteriores objetivos específicos se cumplieron con éxito los siguientes: 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9. El objetivo 1 se cumplió parcialmente. En el caso del objetivo específico 1 se realizaron pruebas con robots para la construcción de proyectos en forma exitosa, pero los chicos no pudieron participar en las siguientes instancias ante la imposibilidad de dotarlos con sets de robótica adicionales.

Metodología

Población y muestra de estudio

La población a la que está dirigido el resultado de este estudio, está principalmente formada por estudiantes de los dos últimos años del grado de escuela y los dos primeros de secundaria.

Para realizar la validación y las diferentes pruebas de concepto del producto y etapas, durante el año 2009 y 2010 se contactaron las siguientes escuelas: República de Brasil, en Quebradilla de Cartago, carretera a Tablón; las escuelas de cobertura de la estación de la Reserva Biológica de La Selva, en Guápiles de Limón; el Centro Educativo Bernardo Drug, en Amubri; y la Reserva Indígena de Talamanca. Además, se contó con la visita de estudiantes del colegio Kamuk, de Tres Ríos de Cartago, y de estudiantes de la escuela Miravalle de Cartago.

Diseño de la investigación

Se dividió el trabajo de la siguiente forma:

La construcción de los módulos con capacidad de procesamiento estuvo a cargo del profesor Milton Villegas Lemus, con la asesoría del profesor Neil Gershenfeld (MIT); esto se hizo en el año 2009. Así mismo, Milton Villegas Lemus diseñó y construyó las interfaces para los módulos, con ayuda de los estudiantes asistentes para aspectos de programación Julio Zúñiga, Pablo Núñez Morán y Taigin Garro Acón, para efectos de diseño de forma e integración del producto, con el estudiante Sergio Garro.

La elaboración de los instrumentos de medición, encuestas y estadísticas estuvo a cargo del profesor Yuen Law Wan durante el segundo semestre año 2009 y primer trimestre del año 2010.

El rediseño y el desarrollo del sistema de programación de los módulos y las pruebas de programación las realizó Milton Villegas Lemus con el apoyo de los estudiantes Taigin Acón Garro y Edgar Mendoza Fernández. Este re-diseño y desarrollo se llevó a cabo en el segundo semestre del año 2009, con ajustes a lo largo del primer semestre del 2010.

El diseño del modelo de aplicación de los módulos para las escuelas en modalidad después del horario diario estuvo a cargo de Milton Villegas Lemus. Como entrada para el diseño del modelo se usaron los resultados de investigaciones anteriores, así como la experiencia en las actividades de campo. Esto se desarrolló a lo largo del año 2010.

La difusión de los resultados estuvo a cargo de la periodista investigadora Marcela Guzmán Ovaes con el apoyo de Sherry Lassiter (MIT-CBA) para los aspectos de difusión dentro de la red mundial de Fab-Labs. Dentro del plan estuvo la participación del grupo en instancias institucionales y de proyección a la comunidad. Esta parte se llevó a cabo durante los años 2009 y 2010.

Métodos técnicos e instrumentos de investigación

Para la implementación dichos módulos se seleccionaron microcontroladores ya que son procesadores de bajo costo y consumo de energía y facilita la capacidad de programación.

Por sus consecuencias en tiempo de implantación y la curva de aprendizaje para su uso y desempeño; la elección del microcontrolador fue un factor importante que se realizó tomando en cuenta factores de consumo, costo y herramientas de desarrollo.

En la etapa de evaluación se seleccionó un microcontrolador de la casa fabricante Atmel de la serie Tiny, más específicamente el 13.

Para decidir con respecto al lenguaje y plataforma de desarrollo a usar, se debía considerar consumo de energía, costos del grabador de programa -conocido como quemador- y plataforma de desarrollo; esta última es la de menor peso en la decisión. Por lo anterior, considerando las limitaciones de consumo, las necesidades de optimización de memoria, su manejo en el programa y la velocidad o tiempo de respuesta, prácticamente se determinó que el lenguaje seleccionado para programar fuera ensamblador, lo cual resultó como lo planteado por Tanenbaum [3], en lugar de opciones como un compilador de C.

Para la estructura del software se decidió conceptualizar la programación de cada módulo, como la ejecución de una instrucción que pertenece a un conjunto de instrucciones de una máquina virtual según Tanenbaum [3]. Al hacerlo de esta forma, queda muy fácil conceptualizar el arreglo de rutinas y conectar el flujo de ejecución con el concepto de unidades de control microprogramadas, en una descripción como la mostrada en Stallings [4]. Para ejecutar el conjunto de instrucciones hay que hacer uso de una serie de operaciones llamadas microinstrucciones, que están almacenadas en porciones específicas de memoria llamada micro ROM y, además, llevar un apuntador de las secuencia de operación denominado por algunos autores Mano[5] Stallings[4] y fabricantes como micro PC, también conocido como micro contador de programa.

Como plan de pruebas se estableció que el comportamiento funcional de cada módulo debía obedecer como mínimo el comportamiento de los módulos ya existentes en el laboratorio LuTec en consumo de corriente, nivel de tensión de la señal, opciones de configuración de entradas y salidas, construcción y programación.

Para ello, se aplicaron para cada módulo tres pruebas de montaje y diseño por parte de chicos y chicas; la cantidad fue variable para cada módulo.

Los resultados de las pruebas de campo fueron muy positivos y plantean nuevos desafíos para incorporar funciones cuyo equivalente actual serían nuevos módulos

funcionales o versiones mejoradas de los existentes. El programador y sus módulos mostraron ser realmente versátiles al incorporarlos en los proyectos planteados por los chicos. El manejo del programador mismo fue muy estimulante para la población a la que se aplicó. Sí se debe fortalecer el aspecto mecánico de la conexión de los módulos, que fue el punto débil o destacado durante las pruebas.

Procedimientos de recolección de información

Con respecto al diseño y desarrollo del hardware de los módulos, se recabó información de los fabricantes Intel, Microchip y Atmel; con referencia a los microcontroladores que ellos ofrecían en el mercado, se hizo una evaluación considerando costos del microcontrolador en sí, costos de las herramientas de desarrollo en hardware/software, tamaño de la comunidad de desarrollo y documentación disponible.

Con respecto al sistema de programación, se realizaron pruebas de campo con chicos tanto de la escuela regular como del sistema de Aula Abierta (programa del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica) y se tomaron lecturas de tiempo.

Para el modelo se usó el sistema de documentación con bitácoras que escribían los estudiantes participantes durante las pruebas de campo. Esto fue válido tanto para la actividad con robots completos como para los módulos básicos de robots, pero no sistemas completos.

La actividad se realizó usando la estructura o actividad pedagógica llamada *Campamento de Aprendizaje por Construcción*, diseñada por el Laboratorio LuTec en investigaciones anteriores. Las estadísticas se deben extraer de las bitácoras.

Se realizaron un promedio de cuatro pruebas de campo anuales.

Por una salida prematura del investigador Yuen Law Wan, las estadísticas y consolidación de la información no se realizó en el tiempo establecido para esta investigación. Sin embargo, los datos están consignados en las bitácoras, los

cuales se piensa usar como información de entrada para continuar con la investigación.

Resultados

Módulos

Se logró construir las nuevas versiones de los módulos con capacidad de procesamiento de datos basados en los microcontroladores. Los módulos fueron: temporizadores, sensores de luz y movimiento.

Como se puede apreciar en la foto 1, todos los módulos tienen una apariencia similar ya que todos son microcontroladores sobre una PCB diseñada y cortada en el laboratorio con el microcontrolador o MCU como elemento principal; además, se estableció una codificación de colores en el bus de conexión para su facilidad en la conexión.

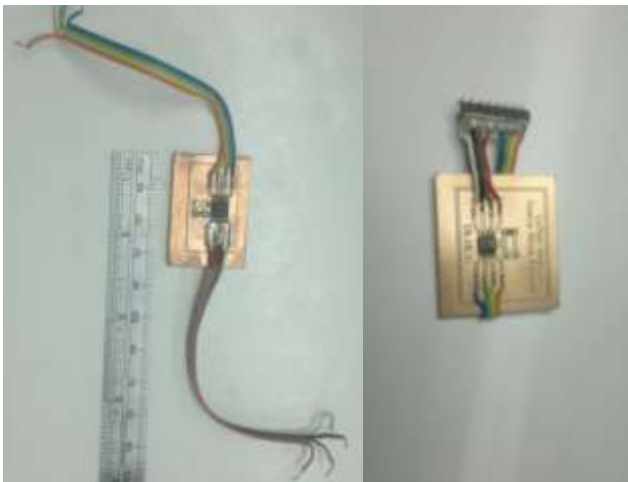


Foto 1. Temporizadores, sensor de luz, sensor de movimiento.

Adicionalmente, para que los módulos pudieran conectarse a otros módulos, circuitos ya existentes en el laboratorio, o utilizar en diferentes construcciones con actuadores, se construyeron interfaces de potencia y reguladores de tensión, tal como se ilustra en la foto 2.



Foto 2. Interfaces para los módulos.

En la foto 3 se muestra un ejemplo del módulo contador y su elemento de despliegue o “display” de siete segmentos.

Para poder realizar las diferentes pruebas de campo, fue necesario construir o producir en el laboratorio diversos conjuntos de módulos, tal como se ilustra en la foto 4.

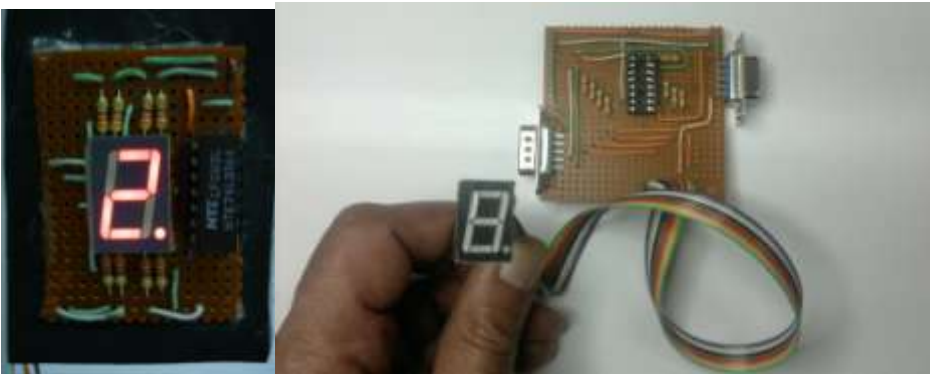


Foto 3. Módulo contador.



Foto 4. Módulos amplificadores construidos para un campamento.



Foto 5. Sistema de programación.

En la foto 5 se aprecian los grabadores llamadas Bicorder . Estos permiten la programación rápida de los módulos.

Bicorder grabador de funciones funciona para módulos y funciona para robots. De allí el prefijo Bi.

Algunos proyectos desarrollados



Fotos 6. Proyecto de bote con luces y motor. Campamento de Talamanca.



Foto 7. Proyecto pájaro alegre con luces. Campamento de Talamanca.

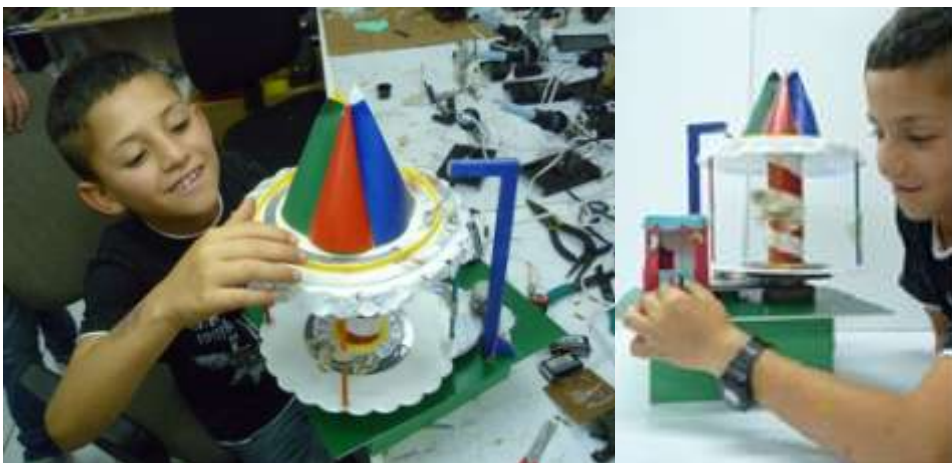


Foto 8. Proyecto carrusel participó y calificó hasta la ronda provincial en la Feria Científica. Laboratorio LuTec Cartago.

En las fotos 6, 7 y 8 se pueden apreciar diferentes proyectos que participaron en eventos de ciencias.

Modelo

El modelo a aplicar planteado

El modelo propuesto es el de usar el construccionismo en forma recursiva según lo propuesto por Villegas en [7]; este se probó y se lograron algunos resultados interesantes, más allá del técnico, por el desempeño de los módulos. Los asistentes pudieron asesorar y guiar sin mucho entrenamiento pedagógico a los chicos para que estos lograran el diseño y construcción de los prototipos o proyectos.

Discusión y Conclusiones

Los módulos contadores, sensores de luz, sensor de movimiento y temporizadores fueron diseñados y construidos, probados y aplicados. Estos fueron usados en diversos proyectos de los chicos.

Se diseñaron y construyeron módulos amplificadores y controladores de motor como interfaces a los módulos anteriores para permitir mayor flexibilidad a los estudiantes en el momento de implantar sus ideas en los prototipos.

Se probó el modelo de campamento como un mecanismo sostenible para que los chicos encuentren asesores en el desarrollo de proyecto. Se aplicaron durante el primer semestre, al inicio y al final.

Se presentaron diversos proyectos en las ferias científicas gracias a las actividades realizadas para probar los módulos. Escuela República de Brasil, seis proyectos; Sarapiquí, tres proyectos; Talamanca, cinco proyectos; local en el laboratorio LuTec, cuatro proyectos. De todos estos solo tres pasaron el circuito escolar para clasificar a nacional; de ellos ninguno llegó a nacional.

El sistema re-diseñado y construido probó ser mucho más eficaz para la programación de los módulos. El Bicorder se probó con estudiantes del ITCR y se

probó también con personas sin ningún bagaje técnico y sus tiempos de aprendizaje para la programación de los módulos fueron bastante bajos: 15 minutos en el caso más lento.

El punto aquí está en el balance entre la eficacia del aparato vs. que no se presenta un lenguaje de programación que le puede ayudar a los chicos a elaborar modelos mentales más complejos, que les permitan incorporar y procesar las soluciones de problemas más abstractos; sin embargo, la construcción misma del prototipo y lidiar con todos los aspectos físicos de los modelos tangibles, hace que los modelos mentales se vean complementados en aquellos aspectos que pudieron atenderse en conjunto con los facilitadores.

El programador es útil pues los sitios que se seleccionaron para las pruebas no están recibiendo el soporte de la Fundación Omar Dengo; algunas de estas escuelas a duras penas cuentan con teléfono o salas de computación.

Dada la naturaleza del proyecto, y de su tipo de resultados tangibles, como una estrategia para encontrar instituciones que adoptaran la idea de montar de forma operativa los resultados de la investigación, se difundió, con énfasis a nivel nacional, en diferentes medios de comunicación masiva: canales 6, 7 y 13, La Nación, El Financiero y Al Día. También se participó en encuentros nacionales de investigación o de difusión de la ciencia como Cientec. También se ha difundido internacionalmente usando la red mundial especializada de Fab-Lab, a la cual el laboratorio LuTec pertenece desde sus inicios.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos se recomienda continuar con el desarrollo de módulos basados en microcontroladores, pues se facilita adaptarlos a diferentes funciones.

Aunque el procesamiento de la información no se logró elaborar, en aras de finalizar los otros aspectos del proyecto que estaban enfocados directamente en el diseño y producción de los módulos, se recomienda continuar con esta fase para tener una base más científica al proponer el modelo.

Se recomienda buscar una alianza para experimentar, con un proyecto piloto en tres escuelas, la propuesta para promover el aprendizaje de conceptos básicos de ciencia y tecnología.

Referencias

[1] Estrategia siglo XXI conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica. Tomo 1. Marzo 2006-

[2] Papert, Seymour. The Children's Machine. N.Y. Books.1992.

[3] Yousuf, Muhamed Ali. Robots in Education.IGI Global. 2009

[4] Resnick, M;Martin, F; Silverman, B. Programmable brick: Toys to think with. IBM Journal,35. 1996.

[5] Tanenbaum, Andrew. Organización de Computadores. Pearson-Prentice Hall. 4ta edición.

[6] Stallings, William. Organizacion y Arquitectura de Computadores. Prentice-Hall Hispanoamérica.2006.

[7] Villegas Lemus, Milton; Law W Yuen. Learning by Construction Camps: a Model for Informal Science and Technology Education in Developing Countries. IEEE Advanced Learning Technologies Conference Finland.2004.