

Plataforma Hardware-Software para la asistencia de los espacios de trabajo en la enseñanza de Ingeniería Electrónica

(A hardware-software platform to assist learning workspaces in electronic engineering)

Jossean A. Uribe Martinez, Eng. (c), Alexander Vera Tasamá, PhD, Jorge I. Marín Hurtado, PhD y Jorge A. Aldana Gutiérrez, MSc. (c).

¹ Universidad del Quindío, Colombia, jauribem@uqvirtual.edu.co, avera@uniquindio.edu.co, jorgemarin@uniquindio.edu.co, jaldana@uniquindio.edu.co

Resumen– Este artículo describe una plataforma hardware/software como un asistente personal en la implementación de procesos de enseñanza y aprendizaje. En la plataforma se usa un componente hardware basado en procesador, de manera que soporte estrategias de software que hayan sido propuestas para monitorear algunos parámetros de aprendizaje. Estos parámetros son aspectos clave en los procesos de enseñanza y permiten impulsar herramientas de seguimiento y retroalimentación en los espacios de trabajo de aprendizaje. Finalmente, se realizó un estudio de caso para desarrollar esas herramientas sobre el curso de los Circuitos Eléctricos en ingeniería electrónica

Abstract– This paper describes a hardware/software platform as a personal assistant in the implementation of the teaching and learning processes. A hardware component processor-based was used in this platform to support software strategies, which were proposed to monitor some learning parameters. These parameters are key aspects in the teaching processes and allow to drive follow-up and feedback tools on the learning workspaces. Finally, a case study was performed to develop those tools about the course of electric circuits in electronic engineering.

Palabras claves-- CDIO, sistemas embebidos, Multi-agentes, tutores virtuales.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la integración de las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) con los procesos educativos ha mostrado un impacto positivo y significativo [1], a pesar de la ausencia de un modelo estándar que consolide tal propósito. Los recursos tecnológicos contribuyen a los procesos de enseñanza mediante la presentación de información con calidad, de una manera clara y precisa, lo que permite a docentes y estudiantes una mejor organización de actividades y tener control sobre los procesos académicos.

Para el contexto educativo de la educación en la ingeniería se requieren espacios que fomenten el desarrollo de destrezas bajo los principios de la formación integral. En particular, el consorcio CDIO [2] sugiere un enfoque curricular para la enseñanza de la ingeniería, que propenda por la formación de habilidades profesionales, personales e interpersonales, además de las propias de su campo disciplinar, lo que indica la necesidad de reorganizar y redistribuir tanto los espacios de trabajo de aula como las actividades que se desarrollan al interior de ellos. En este contexto, deben ser coherentes la disponibilidad de los espacios de aprendizaje y el número de estudiantes beneficiarios si se quiere mantener o elevar las condiciones de calidad en los procesos de aprendizaje, considerando programas académicos con modalidades semipresencial y distancia. Por esta razón, se requiere la adopción de mecanismos que faciliten a los estudiantes el acceso a estos espacios, considerando la participación de usuarios en condición de discapacidad.

La propuesta planteada en este documento describe una plataforma hardware/software que, con base en los resultados de aprendizaje proyectados para un espacio académico o curso en particular, asistiría al ingeniero en formación durante su período de entrenamiento independiente y lo guiaría adecuadamente mediante actividades prediseñadas por el profesor. Esto se haría conforme a los estándares 6 y 8 de la iniciativa CDIO.

Inicialmente, en la sección II se presentan los principales hallazgos en sistemas y plataformas basados en agentes inteligentes, especialmente en el contexto educativo. En las secciones III y IV se presenta la estructura general de la plataforma y la aplicación para algunos de los resultados de aprendizaje específicos en el contexto de la ingeniería electrónica. Los resultados y discusión se presentan en la sección V y, finalmente, las conclusiones y trabajos futuros en la sección VI.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.508>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

II. ANTECEDENTES

Los sistemas virtuales de enseñanza–aprendizajes actuales son capaces de aprender por la experiencia, con base de la información obtenida de la interacción con el usuario. Por su complejidad, el proceso de aprendizaje requiere ser monitoreado y debe realimentar al estudiante continuamente, en busca de la personalización y cercanía en un modelo centrado en él [3]. En muchos sistemas, esta tarea es realizada usando diversos métodos computacionales, entre los que se destacan los sistemas basados en agentes inteligentes, los cuales se utilizan para realimentar al estudiante durante las sesiones[4][5].

Los sistemas basados en agentes inteligentes han demostrado ser una base sólida para implementar metodologías de apoyo a los procesos de aprendizaje [6], facilitando la retroalimentación de conocimientos, el aprendizaje activo, el acompañamiento personal y seguimiento de habilidades, que son elementos esenciales de las metodologías de enseñanza en ingeniería [7][8]. Los agentes inteligentes son entidades creadas en software con capacidades de percibir su entorno y responder de manera racional a los estímulos. Estos agentes ejecutan una tarea dada utilizando información recolectada del ambiente (por medio de sensores o información proporcionada por el usuario), para actuar apropiadamente hasta completar la tarea de manera exitosa. La capacidad de gestionar los contenidos usando agentes inteligentes posibilita el aprendizaje personalizado, pero se requieren algunos aspectos esenciales para su concepción [9][10][11].

En particular, los agentes pedagógicos inteligentes se conciben para propósitos de aprendizaje de entornos y mundos virtuales [12]. Las características de estos entornos contribuyen a las experiencias de formación y promueven un aprendizaje activo, mientras los agentes proveen apoyo a estos procesos debido al acompañamiento constante y la capacidad de interacción con el usuario

III. ESTRUCTURA GENERAL DE LA PLATAFORMA

Existe una necesidad de disponer de espacios y recursos para la enseñanza de ingeniería con un enfoque claro y objetivo, como el que propone la iniciativa CDIO [2], cuyo planteamiento permite dirigir adecuadamente los procesos académicos y garantizar el seguimiento de la calidad del aprendizaje.

La Tabla I presenta algunos de los requerimientos esenciales que se deben tener en cuenta la hora de implementar espacios CDIO. Estos atributos permiten garantizar una formación integral de ingenieros y evaluar la eficacia de los métodos utilizados en las tutorías dedicadas.

Tabla I. Requerimientos CDIO para implementación

Estándar	Criterio No.	Criterios a considerar
Estandar VI - Espacios de Trabajo	1	Revisar de manera regular la efectividad y el impacto de los espacios de trabajo y talleres en el aprendizaje
	2	Elaborar recomendaciones para mejorar efectividad y el impacto en el aprendizaje
	3	Apoyar y estimular actividades de aprendizaje práctico de conocimientos ,habilidades y el aprendizaje social
Estandar VIII- Aprendizaje Activo	4	Revisar de manera regular el impacto de los métodos de aprendizaje activo
	5	Elaborar recomendaciones para la mejora continua de los métodos de aprendizaje activo
	6	Documentar evidencias del impacto de los métodos de aprendizaje activo en el aprendizaje de los estudiantes.

Con base en estos requerimientos, se propone el modelo de la Fig. 1, en la que se describe la interacción entre el usuario, los elementos que componen plataforma hardware y el software basado en agentes inteligentes que gestiona los contenidos.

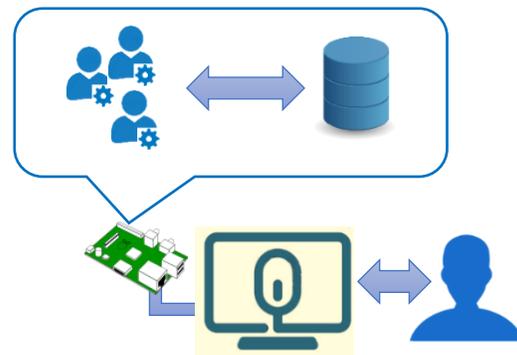


Fig. 1. Modelo Propuesto para la plataforma hardware/software

La implementación de estos agentes inteligentes (Software) sobre una plataforma con interfaces dedicadas, como las de un sistema embebido, permite brindar un soporte hardware que ha sido poco explorado y, debido a la relación entre su capacidad de procesamiento y su tamaño, posee muchos beneficios para construir una solución sólida ajustada a necesidades particulares: Una plataforma hardware para la asistencia y tutoría dedicada con la autonomía de un sistema basado en agentes inteligentes, con interfaces para el desarrollo aplicaciones orientadas a la formación de ingenieros.

A. Estrategia software de la plataforma

Como se mencionó anteriormente, los sistemas basados en agentes han demostrado ser una solución sólida para implementar este tipo de sistemas educativos. Pero las

plataformas de tutoría personalizada para *E-learning* son complejas, requiriendo de múltiples componentes y funciones que los sistemas basados en un solo agente, en muchos casos, no garantizan su correcta aplicación [7][11][4].

La estrategia propuesta emplea un conjunto de agentes, distribuido de forma tal que permite definir las tareas y funciones necesarias para el entrenamiento de habilidades del ingeniero en formación. Este sistema combina tres tipos de agentes (agentes de interfaz, información y colaborativo) con el fin de reducir la complejidad de su diseño y las tareas que realizarán, lo que facilita su utilización y mejora la comunicación e independencia entre los agentes.

La estructura del sistema multiagente diseñado usando C++, permite una mayor compatibilidad con las plataformas existentes y su aplicación en sistemas embebidos. La utilización de diversos tipos de agentes en un solo sistema minimiza la complejidad y busca reducir el consumo de recursos del dispositivo. La Fig. 2 presenta el diagrama general de clases y las principales funciones del tutor virtual durante su ejecución.

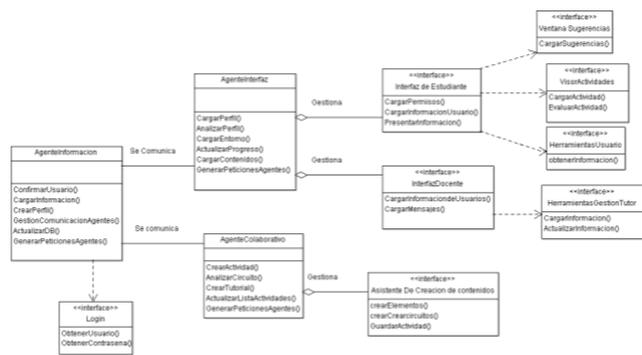


Fig. 2. Diagrama de clases del sistema multiagente

Las tareas relacionadas con la gestión de los datos del sistema tutor y de la mediación de la comunicación entre los agentes son realizadas por el agente de información. Los registros del progreso e información de los usuarios son almacenados de manera local en una base de datos y gestionados por sistema de agentes.

Los contenidos para la enseñanza, en función de las líneas temáticas de un espacio académico, son generados con el acompañamiento de un agente colaborativo. Este agente ayudará al docente/estudiante en la creación de los contenidos para los estudiantes, realizando el análisis de manera autónoma de las actividades propuestas, generando una descripción y sugerencias de los pasos para la solución de la actividad, para posteriormente estar disponible a los estudiantes.

El agente de interfaz, debido a su interacción directa con el usuario a través de la interfaz gráfica y las herramientas disponibles, es responsable de tareas como: la gestión del

espacio de aprendizaje, la adaptación de los contenidos disponibles para cada usuario, presentar mensajes y sugerencias sobre el uso de las herramientas y la petición de información a otros agentes.

Con el fin de que la plataforma sea lo más completa posible, se integran herramientas y funciones adicionales para garantizar el cumplimiento de las necesidades que tienen los estudiantes y los tutores o administradores de los espacios académicos. Estas herramientas incluyen carga y creación de actividades, gestión de perfiles y usuarios, sistema de ayuda a través de mensajes y funciones destinadas a la generación de informes de los progresos de los usuarios que usan la herramienta.

B. Componente hardware de la plataforma

Todas las plataformas educativas basadas en técnicas de software requieren un hardware sobre el cual operar. Aunque el sistema propuesto se puede ejecutar cómodamente sobre equipos de propósito general basados en Windows y Linux, resulta importante evaluar el desempeño de tales técnicas en sistemas dedicados. Para las pruebas se seleccionó una plataforma hardware con suficientes recursos con el fin de poder probar a profundidad el funcionamiento y el consumo de recursos del tutor.

Para ejecutar el sistema sobre una plataforma hardware, se recomienda que ésta cuente con:

- Memoria RAM mínimo de 512 MB
- Almacenamiento interno disponible de 4GB (destinado a SO, plataforma y contenidos)
- Puerto ethernet o módulo WIFI
- Puerto de video HDMI o puerto compatible para visualización en una pantalla
- Sistema operativo Linux
- Contar con un dispositivo de entrada tipo pantalla táctil/teclado/mouse

El módulo de desarrollo AM572x EVM de *Texas Instruments* cuenta con recursos similares a los descritos y una pantalla táctil integrada, por lo que ha sido seleccionado para la implementación y evaluación del sistema dedicado.

IV. CASO DE ESTUDIO: CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Con la finalidad de verificar el impacto de la plataforma en un espacio de aprendizaje, se enfocó su aplicación en la enseñanza de la técnica de análisis nodal del curso de Circuitos I del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío. Esta técnica en particular establece una base esencial

para otros métodos de análisis más complejos y es fundamental en la formación de ingenieros electrónicos.

La plataforma propone tres niveles para cuantificar el nivel de entendimiento del estudiante, basados en las rúbricas del curso. Cada uno de los niveles se describe de acuerdo con los resultados de aprendizaje previstos para la apropiación de la técnica (Ver Tabla II), Esto es fundamental para guiar el aprendizaje durante las tutorías. Estos niveles permiten orientar los contenidos disponibles para los usuarios dependiendo del progreso y las actividades realizadas por el estudiante y sugerir las futuras que éste realizará para completar el entrenamiento.

Tabla II. Requerimientos CDIO para implementación

Principiante	Intermedio	Avanzado
No entiende y no está familiarizado con los conceptos básicos de Análisis Nodal	Entiende y se familiariza moderadamente con los conceptos básicos de Análisis Nodal	Entiende y se familiariza con los conceptos básicos de análisis nodal y análisis de lazos
	Identifica los nodos y los lazos esenciales en un circuito, pero no utiliza las herramientas matemáticas adecuadamente para resolver problemas	Utiliza el análisis nodal en circuitos mixtos para la solución de problemas
		Selecciona la mejor referencia para resolver circuitos mixtos mediante el Análisis Nodal

Las actividades para las tutorías son propuestas con estos criterios con la finalidad que conduzcan al cumplimiento de los resultados de aprendizaje previstos en el curso. Los contenidos incluyen temas de apoyo, tutorías de la utilización de la técnica en ejercicios y actividades evaluativas en las que se verifica el grado de entendimiento del estudiante sobre el tema.

Adicionalmente, se pretende introducir y enseñar a los ingenieros en formación habilidades personales que contribuyan a la formación integral como:

- Crear y usar modelos
- Analizar la interacción de componentes y nuevos elementos
- Responsabilidad, urgencia para entrega, adaptación al cambio
- Curiosidad y disposición para aprender
- Gestión del tiempo y recursos

Como en todas las plataformas educativas, los contenidos son de vital importancia en el funcionamiento de un tutor. Pero solo contar con una gran cantidad de contenidos no es suficiente si solo para garantizar un buen proceso de aprendizaje. Como

han demostrado algunos autores [7][11][13][14], los contenidos deben ajustarse a los ritmos de aprendizaje de cada usuario y estar disponibles en la medida que este tenga los conocimientos necesarios para entenderlos.

Para la plataforma diseñada, esta gestión de contenidos se realiza usando los agentes con base en los requerimientos y rúbricas del espacio académico. Estos niveles permiten clasificar los contenidos destinados a apoyar el entrenamiento de habilidades y conocimientos, para presentarlos al usuario en función de los resultados de aprendizaje.

Los contenidos disponibles en el sistema de tutorías se describen en la tabla III.

TABLA III. TIPOS DE CONTENIDOS PARA EL SISTEMA DE TUTORÍA

Tipo de contenido	Objetivo
Contenidos teóricos	Proveer al estudiante de los fundamentos teóricos necesarios para el proceso de aprendizaje de la técnica de análisis nodal.
Contenidos multimedia	
Cuestionarios	Evaluar el grado de entendimiento del estudiante de los temas vistos.
Tutoriales paso a paso	Proveer al estúdiate de ejemplos interactivos para la enseñanza de la técnica y asistirlo en el proceso de análisis de circuitos en caso de ser necesario.

V. RESULTADOS

A. Pruebas Funcionamiento y usabilidad.

Las pruebas de funcionamiento se apoyaron en las guías académicas de práctica (laboratorio) para las temáticas de identificación de circuitos y análisis nodal del espacio académico de circuitos I de la Universidad del Quindío.

Las pruebas iniciales se dirigieron hacia la verificación del funcionamiento general del sistema. En éstas, se verifica la carga de los agentes durante el inicio del sistema en la plataforma. Es importante resaltar que el agente de información comienza la carga de tareas, obteniendo la información del usuario actual de la base de datos y almacenándola en un perfil local, de manera que esté disponible para el tutor. Al terminar, este agente se comunica con el agente de interfaz y pasa a un estado de espera.

El agente de interfaz carga el perfil creado por el agente de información y analiza la información del usuario. Para el caso de uso de un estudiante, el agente analiza su nivel de entendimiento sobre la temática, con base en las actividades realizadas y su progreso general. Para esto, el agente considera una rúbrica planteada por el docente a cargo de la administración del espacio académico respectivo. La información obtenida del análisis es utilizada para generar

sugerencias al estudiante sobre su proceso de aprendizaje, gestionar las actividades que estarán disponibles y emitir recomendaciones sobre aquellas que debe abordar con prioridad para cada vez que inicie sesión (Ver Fig. 3).

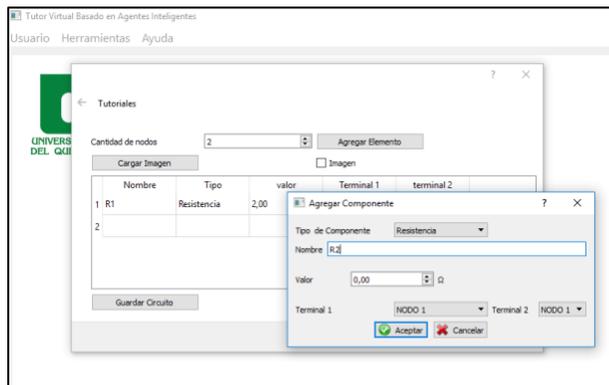


Fig. 3. Espacio gestionado por el sistema multiagente

Durante las pruebas, se verificó la concordancia de los contenidos disponibles con el perfil de cada usuario, tanto al iniciar como al finalizar la sesión de estudio propuesta. Adicionalmente, se realizaron pruebas con la herramienta, para el análisis de circuitos, destinadas a apoyar prácticas externas a las disponibles en la plataforma. Para este escenario, se propuso una práctica de laboratorio en la que los estudiantes usarían la herramienta como apoyo para el análisis de los circuitos de la práctica y contrastar los resultados obtenidos. Estos circuitos son analizados por el agente para lanzar un tutorial sobre cómo se debe proceder para la solución del ejercicio paso a paso, usando la técnica de análisis nodal, hasta llegar al sistema de ecuaciones.

Para evaluar la calidad de la interacción entre los usuarios y la herramienta, se aplicaron pruebas de usabilidad basadas en procedimientos de análisis y modelos de calidad para la evaluación de productos de software, como sugieren la norma ISO/IEC 9126 y algunos autores [34] [35]. Con base en lo anterior, se evaluaron aspectos como la estructura y operación de la aplicación, información del usuario, apariencia, calidad y densidad de los contenidos de la plataforma. Estos aspectos fueron medidos a través de encuestas que se realizaron a los usuarios después de haber interactuado con la herramienta durante las pruebas.

Las pruebas de usabilidad revelaron que la operación, apariencia y densidad de contenido presentarían limitaciones por la resolución y tamaño cuando se utilizan pantallas táctiles. Esto se debe a que, al ingresar texto en este tipo dispositivos, la pantalla comparte espacio entre el teclado y la interfaz gráfica de la plataforma, lo que limita el espacio disponible para visualización. Debido a esto, se realizaron modificaciones orientadas a simplificar la cantidad de elementos en algunas

interfaces y se habilitó el soporte para la adición de dispositivos de entrada como un *mouse* o un teclado.

Las pruebas destinadas a la calidad y la densidad de los contenidos demostraron que entre más contenido se incluya en cada sesión, la apreciación y entendimiento de dichos contenidos se disminuye considerablemente. Esto se debe a que, al tener actividades con gran extensión, el estudiante pierde interés por el proceso de aprendizaje y se limita a la resolución de actividades prácticas. Para evitar este escenario, los contenidos esencialmente teóricos deben ser cortos, enfocados en la temática y la ilustración o ejemplificación de sus aplicaciones.

La percepción de los estudiantes sobre este tipo de plataformas es buena y demuestra un buen grado de interés y motivación al usarlas, especialmente cuando se integra con las actividades de formación. También se evidenció que este tipo de herramientas deben apoyar esencialmente los procesos de análisis y procedimiento; de lo contrario, los estudiantes pueden asumir y destinar este tipo de herramientas exclusivamente a la finalización de sus actividades y reducción de sus responsabilidades, lo que puede afectar de manera negativa los procesos de formación, al evitar que ellos asuman situaciones problemáticas o actividades que estimulen el desarrollo de las habilidades para resolución de problemas.

La tabla IV relaciona los niveles de cumplimiento final de los requerimientos CDIO, resultado de las pruebas realizadas acerca de los requerimientos y usabilidad de la plataforma.

TABLA IV. NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS CDIO

Estándar	Criterio No.	Nivel de cumplimiento		
		Alto	Medio	Básico
Estandar VI - Espacios de Trabajo	1	X		
	2	X		
	3		X	
Estandar VIII- Aprendizaje Activo	4	X		
	5		X	
	6	X		

B. Pruebas de rendimiento

Las pruebas de rendimiento se realizaron usando el módulo de desarrollo AM572x EVM de *Texas Instruments*. Las mediciones del consumo de energía del tutor virtual se realizaron sobre los resistores APM disponibles en la tarjeta.

Como punto de referencia, se midió el consumo normal del sistema embebido con el sistema operativo sin ninguna aplicación en ejecución. Posteriormente, se lanzó la aplicación del tutor sin la intervención de los agentes y se registró el consumo de energía, con la finalidad de determinar el impacto de este tipo de métodos computacionales en estas plataformas hardware de pocos recursos. Luego, se registraron mediciones con la ejecución de los agentes. La Tabla V muestra el consumo de corriente promedio durante las pruebas, desarrolladas en sesiones de 10 minutos.

Tabla V. Consumo de corriente promedio del módulo de desarrollo

COMPONENTES	Consumo de corriente promedio consumido (mA)		
	MPU	VDD CORE	VCC 5V
Sistema Operativo (SO)	351,00	706,50	2014,00
S. Operativo ejecutando tutor sin agentes	2117,00	722,50	2846,00
S. Operativo ejecutando tutor con agentes	2150,00	779,50	2870,00

Se observa que el consumo de energía, medido desde la alimentación del procesador, incrementa considerablemente con la ejecución de la aplicación. Esto se debe a que la aplicación requiere un procesamiento adicional para los entornos gráficos de la misma y otras herramientas. En contraste, la intervención de los agentes en la aplicación muestra un leve aumento en comparación con el valor medido para el entorno básico que ejecuta la plataforma (Ver Tabla VI).

Tabla VI. Consumo de energía promedio del módulo de desarrollo

COMPONENTES	Consumo de energía promedio (J/s)		
	MPU	VDD CORE	VCC 5V
Sistema Operativo	1,23	9,98	40,57
S. Operativo ejecutando tutor sin agentes	44,82	10,44	81,00
S. Operativo ejecutando tutor con agentes	46,23	12,59	82,37

Este consumo reducido del sistema de agente se debe a los métodos y rutinas que buscan ejecutar los principales comportamientos de la plataforma, al iniciar la aplicación y al forzar la entrada de los agentes en estado de espera hasta que se requieran nuevas acciones. Este comportamiento se evidencia principalmente con un aumento del consumo de la aplicación en las muestras tomadas al comienzo en la Fig. 4 y en el minuto 8, al ejecutar el agente colaborativo.

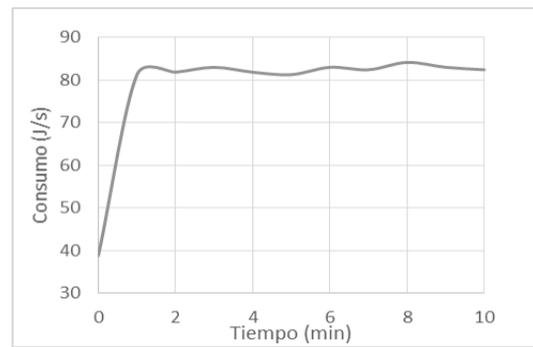


Fig. 4. Consumo de energía promedio durante las pruebas

Los resultados obtenidos evidencian que las estructuras de los agentes tienen un consumo que, acorde con lo esperado durante la etapa de diseño de los agentes, es ideal para plataformas de propósito específico como los sistemas embebidos.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los resultados obtenidos muestran que la operación de este tipo de sistemas, basados en agentes, sobre plataformas hardware de propósito específico son una alternativa viable y que, debido a su relación entre tamaño y rendimiento, son soluciones robustas y de bajo costo para implementar e integrar a distintos espacios de aprendizaje con buenos resultados. Esta integración estaría basada en una selección de actividades, clasificadas por las habilidades a desarrollar en un espacio académico y por los niveles de desempeño esperados; así como también, debe especificarse una rúbrica de referencia para dirigir los procesos de evaluación desde la herramienta.

Durante las pruebas se ha evidenciado que es posible la implementación de sistemas multiagente complejos sobre plataformas embebidas con un bajo consumo energético, buen rendimiento y funcionalidad. La utilización de sistemas embebidos con interfaces dedicadas posee muchos beneficios, para construir soluciones sólidas ajustadas a necesidades particulares, en este caso, orientada a apoyar la formación de ingenieros electrónicos con un enfoque claro, como el propuesto por el consorcio CDIO[2].

Los contenidos que están disponibles actualmente en el sistema embebido se soportan desde recursos locales y desde internet, obedeciendo a tutorías de la utilización de la técnica con ejercicios y actividades evaluativas que se ajustan al nivel de aprendizaje de los estudiantes. Estos contenidos están orientados a la enseñanza de la técnica de análisis nodal y se espera poder extender a otras técnicas y áreas en trabajos futuros.

Finalmente, en el corto plazo se continuará implementando este tipo de plataformas en otros espacios de aprendizaje de los cursos disponibles en el programa Ingeniería Electrónica de la

Universidad del Quindío, que cuenta con un enfoque curricular basado en el marco de referencia CDIO.

REFERENCIAS

- [1] UNESCO Instituto de Estadística, *USO DE TIC EN EDUCACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE Análisis regional de la integración de las TIC en la educación y de la aptitud digital (e - readiness)*. Montréal, Québec: UNESCO, 2013.
- [2] C.D.I.O, “Worldwide CDIO Initiative,” 2018. [Online]. Available: <http://cdio.org/>. [Accessed: 22-May-2016].
- [3] R. K. Sungkur, S. Pudaruth, J. Mahomudally, and A. Sookaloo, “Measuring Students’ Uncertainty in a Tutoring System using Agent Technology,” pp. 937–940, 2014.
- [4] M. Anousosouya Devi, R. Roja, A. Akalya, S. Nishanthi, and K. Keerthika, “An effective multi agent based intelligent tutorial system using ERS,” *2014 Int. Conf. Comput. Commun. Informatics Ushering Technol. Tomorrow, Today, ICCCI 2014*, pp. 1–5, 2014.
- [5] E. De Barros Costa, E. T. Silva, A. Santos, A. C. S. Azevedo, P. Silva, M. T. Silva, H. Rocha, and C. Lima, “An agent-based tutoring system for learning propositional logic using multiple linked representations,” *Proc. - Front. Educ. Conf. FIE*, vol. 2015–Febru, no. February, 2015.
- [6] M.-I. Dascalu, C.-N. Bodea, A. Moldoveanu, A. Mohora, M. Lytras, and P. O. de Pablos, “A recommender agent based on learning styles for better virtual collaborative learning experiences,” *Comput. Human Behav.*, vol. 45, no. 0, pp. 243–253, 2015.
- [7] M. Rani, R. Nayak, and O. P. Vyas, “An ontology-based adaptive personalized e-learning system, assisted by software agents on cloud storage,” *Knowledge-Based Syst.*, vol. 90, pp. 33–48, 2015.
- [8] E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, and D. R. Brodeur, *Rethinking Engineering Education*. 2014.
- [9] S. S. Priya, R. Subhashini, and J. Akilandeswari, “Learning agent based knowledge management in Intelligent Tutoring System,” *2012 Int. Conf. Comput. Commun. Informatics*, pp. 1–5, 2012.
- [10] S. L. Javadi, B. Masoumi, and M. R. Meybodi, “Improving student’s modeling framework in a tutorial-like system based on Pursuit learning automata and reinforcement learning,” *2012 Int. Conf. Educ. e-Learning Innov. ICEELI 2012*, pp. 0–5, 2012.
- [11] S. Duo and Z. C. Ying, “Personalized E- learning System Based on Intelligent Agent,” *Phys. Procedia*, vol. 24, pp. 1899–1902, 2012.
- [12] M. Soliman and C. Guetl, “Implementing Intelligent Pedagogical Agents in virtual worlds: Tutoring natural science experiments in OpenWonderland,” *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, pp. 782–789, 2013.
- [13] P. Phobun and J. Vicheanpanya, “Adaptive intelligent tutoring systems for e-learning systems,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 4064–4069, 2010.
- [14] D. Xu, W. W. Huang, H. Wang, J. Heales, and D. Xu, “Enhancing e-learning effectiveness using an intelligent agent-supported personalized virtual learning environment: An empirical investigation,” *Inf. Manag.*, vol. 51, no. 4, pp. 430–440, 2014.