

Neider Vergara, David Aguirre, Gabriel E. Ávila

Propuesta de una plataforma Open Source de IoT como estrategia didáctica para la Escuela TIC del Politécnico Grancolombiano. Cuaderno Activa, 15, 113-127.



Propuesta de una plataforma de código abierto para el Internet de las Cosas como estrategia didáctica para la Escuela de TIC del Politécnico Grancolombiano.

Proposal of an open source platform for the Internet of Things as a didactic strategy for the ICT School of the Politécnico Grancolombiano

Neider Vergara¹, David Aguirre², Gabriel E. Ávila³

Tipo de Artículo: Investigación.

Recibido: 01/12/2023. **Aprobado:** 15/12/2023. **Publicado:** 22/12/2023

Resumen: Los estudiantes de la Escuela TIC del Politécnico Grancolombiano carecen de herramientas de despliegue y alojamiento para sus proyectos de Internet de las Cosas (IoT), lo que los lleva a utilizar recursos externos y limita su comprensión del contexto en telecomunicaciones y sistemas de información. Para abordar esta situación, se construyó una secuencia didáctica apoyada en un ecosistema IoT ajustado a las necesidades y posibilidades de la institución. Este ecosistema se constituyó a partir de software de código abierto. El resultado es una arquitectura de IoT que, en conjunto con la secuencia constructora, habilita a los estudiantes para el

desarrollo de proyectos y prácticas educativas en la Escuela. Esta infraestructura IoT propia tiene la particularidad de crecer con los objetos construidos por los estudiantes, mientras interactúan con la secuencia. La solución es económica y está lista para un piloto con estudiantes, brindando una valiosa oportunidad de aprendizaje. Este enfoque aborda las limitaciones actuales en las actividades de los estudiantes, mejorando su comprensión y capacidades en el ámbito de las TIC.

Palabras clave: IoT, Open Source, didáctica, educación superior, educación en ingeniería.

1 Autor correspondiente: Neider Vergara. Mayor título: Magíster en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Filiación institucional: Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. País: Colombia, Ciudad: Medellín. Correo electrónico: nvergara@poligran.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4492-8807>

2 Autor correspondiente: David Aguirre. Mayor título: Magíster en educación en tecnología. Filiación institucional: Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. País: Colombia, Ciudad: Medellín. Correo electrónico: daguirre@poligran.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9014-6403>

3 Autor correspondiente: Gabriel E. Ávila Buitrago. Mayor título: Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación. Filiación institucional: Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. País: Colombia, Ciudad: Bogotá. Correo electrónico: gavilabu@poligran.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1407-7933>

Abstract. The students at the ICT School of Politécnico Grancolombiano lack deployment and hosting tools for their Internet of Things (IoT) projects, leading them to rely on external resources and limiting their understanding of the telecommunications and information systems context. To address this situation, a didactic sequence supported by an IoT ecosystem was built, fitted to the requirements and possibilities of the institution. This ecosystem is constituted from open-source software. The result is an IoT architecture that, along with the constructionist sequence, enables students to develop projects and educational practices within the school. The development of projects and educational practices at the school, this own IoT infrastructure has the particularity of grow with the objects build by the students, as they interact with the sequence. The solution is cost-effective and ready for a pilot with students, providing a valuable learning opportunity. This approach addresses current limitations in students' activities, enhancing their understanding and capabilities in the field of ICT.

Keywords: IoT, Open source, didactics, College education, Engineering education.

Introducción

En el ámbito de la enseñanza de ciencias aplicadas los docentes a menudo enfrentan desafíos pedagógicos significativos, particularmente en ingeniería, donde los procesos didácticos demandan prácticas y aplicaciones como herramientas para consolidar el aprendizaje. Esto es acorde con el contexto de la visión constructivista del aprendizaje, teoría que se centra también en el acto de “aprender a aprender” y la importancia de crear cosas en el proceso educativo. Papert enfatizó la idea de que los aprendices deben ser activos en su proceso de adquisición de conocimientos, participando en la construcción de “entidades públicas” que expresan su comprensión del mundo. Estas entidades públicas pueden tomar la forma de proyectos, creaciones, discusiones o incluso objetos inteligentes y conectados [1].

En esta visión del aprendizaje se identifican cuatro etapas: contexto y justificación, conceptualización, aplicación (probar y resolver), y nuevas situaciones [2]. La tercera etapa mencionada implica la aplicación de conceptos previamente estudiados mediante ejercicios prácticos, fomentando el desarrollo y la creatividad en la formación de ingenieros y resaltando la necesidad de promover la creatividad como parte fundamental en la educación en ciencias aplicadas.

El Politécnico Grancolombiano, en su Proyecto Educativo Institucional (PEI), señala el desarrollo de propuestas innovadoras centradas en el estudiante, como uno de los desafíos a abordar en el marco de su apuesta por una educación que responda de manera adecuada a los estudiantes de hoy [3]. La institución subraya la importancia del uso innovador de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje, dentro de un diseño institucional que abarca estructuras, procesos y sistemas de información, comprometiéndose a incorporar activamente estas innovaciones en sus procesos.

En este contexto educativo, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se consolida como una estrategia fundamental para impulsar la aplicación de conceptos en la educación en ingeniería. Esta metodología no solo facilita la integración del conocimiento, sino también su aplicación en escenarios prácticos y reales [4]. La Escuela TIC del Politécnico Grancolombiano ha implementado con éxito esta estrategia pedagógica en algunas asignaturas para respaldar el aprendizaje de los estudiantes. No obstante, en ocasiones, se ejecutan proyectos que demandan herramientas técnicas y tecnológicas a las que estudiantes y docentes no tienen acceso gratuito, lo que presenta obstáculos para el desarrollo pleno de los mismos.

El presente documento busca proponer una alternativa para aquellos proyectos que utilicen tecnologías de Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés), el cual se define como “una infraestructura global para la sociedad de la información, que permite servicios avanzados

mediante la interconexión (física y virtual) de cosas, basada en tecnologías interoperables de información y comunicaciones, existentes y en evolución” [5].

El desarrollo de proyectos enfocados en IoT aporta múltiples beneficios a los estudiantes de programas de ingeniería, facilitando procesos de aprendizaje dinámicos, interactivos y significativos, a través de la participación en actividades prácticas y experimentales. Además, promueve la colaboración y el trabajo en equipo a través de la conexión entre dispositivos, dentro de proyectos más complejos. Finalmente, impulsa el desarrollo de habilidades tecnológicas y digitales, mediante la solución a problemas de sus contextos y el uso de tecnologías actuales de transmisión, almacenamiento y visualización de información, que los prepara para enfrentar problemas futuros [6]. En este sentido, las tecnologías de IoT ofrecen características idóneas para mejorar la interacción entre estudiantes y entre ellos y su entorno, lo que potencia el desarrollo del aprendizaje.

Sin embargo, la adecuación de dispositivos de IoT presenta varios retos en el entorno universitario. Para su construcción, los estudiantes se encuentran con diversidad de placas de desarrollo, sensores inteligentes, protocolos de comunicación y plataformas de visualización. Usualmente, para desarrollar proyectos en aula se recurre a placas de desarrollo y computadoras tipo placa sencilla (*SBC, Single Board Computer*). Respecto a los protocolos de comunicación, comprender adecuadamente el uso de HTTP, MQTT o AMQP, genera dificultades para interconectar dispositivos. Adicionalmente, los riesgos de seguridad resultan en limitaciones de acceso a redes universitarias para la transmisión de información. Esta diversidad de problemáticas implica una barrera importante de acceso para el desarrollo de proyectos, al tener que incorporar un conocimiento extensivo para lograr que sean exitosos.

La carencia de teorías del aprendizaje en las investigaciones en el ámbito de la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones en educación es generalizada

[7]. En general, estas investigaciones emplean métodos predominantemente cuantitativos, toda vez que los objetivos de investigación apuntan a medir el desempeño de las tecnologías, dejando en segundo plano su impacto y sentido pedagógico.

El construccionismo, por otra parte, subraya la importancia de que los estudiantes sean capaces de generar sus propios objetos, que actúen como instrumentos para construir su comprensión del mundo y, finalmente, su aprendizaje. La implementación efectiva de esta teoría en entornos educativos requiere plataformas tecnológicas adecuadas.

Por estas razones, nuestra propuesta implica la facilitación de un entorno de desarrollo adecuado, para que estudiantes y docentes puedan llevar a cabo proyectos en el marco del IoT de una forma más adecuada, según los tiempos de desarrollo y sus conocimientos.

Materiales y Métodos

Teniendo en cuenta el contexto del construccionismo, se busca desarrollar secuencias didácticas alineadas con los objetivos educativos de la Escuela, con el fin de gestionar y facilitar el proceso de aprendizaje y colaboración entre los estudiantes.

Una secuencia didáctica se entiende como una serie de actividades educativas coherentes y adaptables que se diseña con intención y respaldo teórico. Su planificación se inicia con una reflexión profunda para trazar la ruta que docentes y estudiantes seguirán, facilitando la construcción y reconstrucción del conocimiento para lograr los objetivos planteados [8].

Descripción del diseño de la Secuencia Didáctica

En consonancia con esto, se ha diseñado una secuencia didáctica coherente y flexible que parte de una base teórica sólida. Su objetivo es guiar a docentes y estudiantes en la construcción y reconstrucción del conocimiento. Esta secuencia se centra en la promoción del aprendizaje activo y

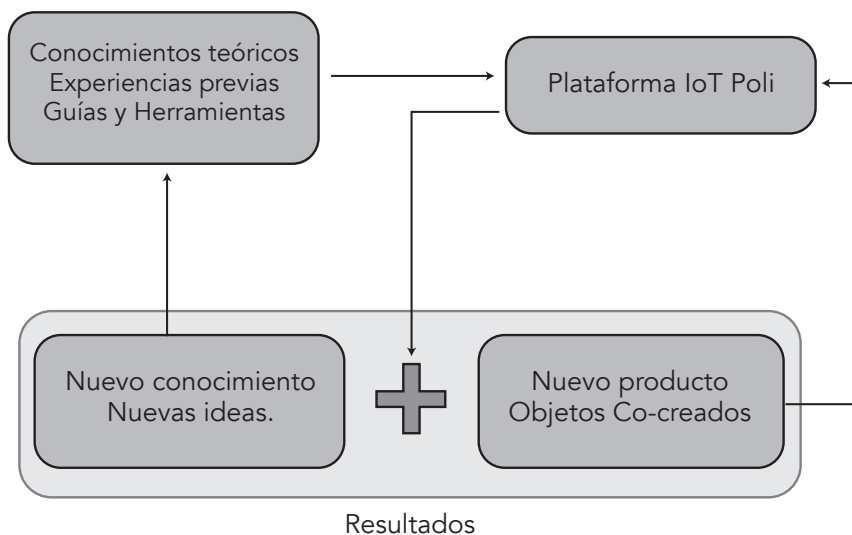
significativo, donde los estudiantes desempeñan un papel fundamental en la creación de su propio entendimiento a través de la interacción con el contenido de estudio y los objetos creados y recreados con este fin. La metodología se enfoca en la planificación y la intencionalidad, trazando una ruta clara para los participantes con el fin de alcanzar los objetivos propuestos

En esta secuencia didáctica, los docentes actúan como facilitadores del proceso, proporcionando orientación y apoyo para que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento crítico y creatividad. Resumiendo, esta secuencia didáctica permite a los estudiantes ser agentes en su proceso de aprendizaje, construyendo su comprensión del mundo a través de la reflexión, el análisis y la aplicación en contextos relevantes. En la figura 1 se presenta la secuencia didáctica propuesta que consta de tres componentes que

se corresponden con aspectos pedagógicos y tecnológicos.

En la fase inicial, identificada en color amarillo, se establece el punto de partida a partir del reconocimiento de saberes previos. Estos saberes previos interactúan con el componente tecnológico en dos direcciones. En primer lugar, permiten la integración de nuevos conocimientos en los saberes previos, lo que se alinea con los principios de aprendizaje significativo y situado del enfoque constructivista. Este mismo componente facilita la co-construcción y creación activa de nuevos elementos y objetos en la plataforma, a través de la interacción con los elementos que se acumulan como resultado de la colaboración entre estudiantes y docentes. Estos productos, identificados en colores azul claro y verde, a su vez enriquecen los conocimientos que se incorporan a la base de saberes co-construidos.

Figura 1. Secuencia didáctica plataforma IoT Poli



Nota: Fuente elaboración propia.

En este proceso, la plataforma base, representada en azul oscuro, desempeña un papel crucial al facilitar la articulación entre los componentes pedagógicos y tecnológicos. Además de esta función, actúa como un espacio de experimentación

y colaboración, donde los estudiantes pueden interactuar, tanto entre ellos como con el entorno, a través de objetos para pensar articulados en un micro mundo que habilita el comportamiento de estos objetos como entidades públicas, siguiendo

la filosofía de Seymour Papert. En resumen, la plataforma base, en azul oscuro, no solo integra todos los elementos, sino que también sirve como escenario principal para la experimentación y la interacción, promoviendo así un ambiente propicio para el aprendizaje activo y creativo en un contexto de ingeniería.

Los estudiantes usuarios-constructores, a medida que interactúan con la plataforma de visualización, no solo acceden a datos en tiempo real y resultados de proyectos anteriores, sino que también son alentados a modificar y mejorar la plataforma, de acuerdo con sus propias necesidades y objetivos de aprendizaje. Esta dinámica promueve un ambiente de colaboración y co-construcción de conocimiento, donde el grupo de base desempeña un papel de mentoría y apoyo técnico. De este modo, se logra una experiencia de aprendizaje constructorista que combina la creación tecnológica con la participación de los estudiantes, enriqueciendo su comprensión de la ingeniería y fomentando la apropiación y el desarrollo tecnológico.

La implementación de esta secuencia se propone en 4 etapas: exploración de la plataforma a través del ecosistema de objetos, conocimiento en profundidad de las características y potencialidades del IoT, construcción de nuevos objetos y socialización de los resultados de aprendizaje a través de los objetos construidos por los estudiantes. Las etapas de esta secuencia se apoyan en los componentes descritos previamente y se llevan a cabo a través de las actividades de aprendizaje descritas a continuación.

Secuencia Didáctica para Apropiación Básica de Tecnologías de IoT

La secuencia didáctica se concibe con el propósito fundamental de facilitar la apropiación de competencias fundamentales destinadas a la utilización efectiva de la plataforma IoT POLI. La atención se centra específicamente en el desarrollo de habilidades necesarias para llevar a cabo la publicación, suscripción y visualización de datos provenientes de objetos conectados. La estructura de la secuencia se ha diseñado con el

objetivo de orientar a los estudiantes desde una comprensión teórica inicial hasta la aplicación práctica en proyectos tangibles.

La iniciativa comienza con la exploración de los referentes teóricos en el ámbito de IoT, donde los estudiantes exploran modelos de referencia, utilidades e implementaciones, tanto de código abierto como comerciales. Esta actividad se plantea como el fundamento teórico esencial que permitirá a los estudiantes adquirir una comprensión profunda antes de abordar la fase práctica.

A continuación, la secuencia procede con la exploración de objetos en la plataforma, focalizando en la instrumentalización del uso de nodos y la visualización de datos mediante la tarjeta ESP32, un kit de sensores y objetos virtuales para visualización de datos preconstruidos. Esta parte de la secuencia ofrece a los estudiantes una experiencia práctica inicial, consolidando así la comprensión teórica mediante la aplicación práctica.

El desarrollo de conocimientos básicos en redes constituye un segmento crítico, en el cual los estudiantes contextualizan el modelo IoT en sus conocimientos previos sobre redes. Identifican elementos de hardware/software y sus roles específicos, lo que contribuye a una comprensión situada del entorno de IoT.

A continuación, se aborda el reconocimiento e incorporación de conocimientos previos de programación. Los estudiantes, en esta fase, revisitan y adaptan sus habilidades de programación al contexto de la plataforma IoT POLI, modificando un sencillo código "Hola Mundo". Este segmento de la secuencia tiene por objetivo principal fomentar la adaptabilidad y la integración de habilidades previas.

La implementación de un objeto conectado se constituye como una etapa de especial importancia. Aquí, los estudiantes diseñan e implementan un objeto propio, lo conectan a la plataforma y visualizan los datos generados. Este tramo de la secuencia representa un avance significativo

hacia la aplicación práctica, consolidando las habilidades adquiridas previamente.

La secuencia prosigue con el diseño y codificación de una visualización personalizada. Esta fase añade un componente de creatividad, permitiendo a los estudiantes personalizar la representación visual de los datos generados por sus objetos conectados.

El proceso culmina con la identificación de una aplicación real de interés, en la cual los estudiantes proponen una aplicación con su respectiva justificación y contexto. Esta etapa fomenta la reflexión crítica y la aplicación de conocimientos en un contexto práctico.

Finalmente, la iteración de diseño para la aplicación seleccionada implica el desarrollo iterativo de un prototipo funcional, empleando la plataforma IoT POLI. Esta última fase integra de manera cohesiva todos los aspectos explorados en la secuencia, permitiendo a los estudiantes aplicar de manera completa sus competencias en un proyecto.

La secuencia sigue una progresión lógica, comenzando con la exploración teórica y avanzando hacia la aplicación práctica. Cada actividad se relaciona con la siguiente, construyendo gradualmente sobre los conocimientos previos y desarrollando habilidades específicas a medida que los estudiantes avanzan en la secuencia.

La plataforma tecnológica de soporte para la secuencia didáctica se implementó de acuerdo con el modelo de referencia de IoT, que puede describirse en 4 capas bien definidas: capa de aplicación, capa de servicios y aplicación, capa de red y capa de dispositivo [5].

La implementación de modelos de este tipo pretende cubrir necesidades propias del sistema como la conectividad, despliegue de aplicaciones, soporte para servicios genéricos y específicos, y gestión de dispositivos; este modelo sirve de orientación para enfocar cualquier plataforma de IoT o modificación de éstas.

El enfoque seleccionado refleja un compromiso decidido con la innovación y la eficiencia en la educación y en la gestión de proyectos, aprovechando las ventajas del código abierto y de protocolos de comunicación versátiles para satisfacer las necesidades tecnológicas de la educación actual [9].

El software de código abierto implica una colaboración abierta que permite a cualquier individuo utilizar, examinar, modificar y redistribuir el software sin limitaciones, generalmente sin costos asociados. Este enfoque de acceso abierto permite su uso en diversos dominios, siendo la educación uno de los campos más beneficiados.

Plataforma tecnológica “Ecosistema IoT Poli”

Para la plataforma que da soporte a la secuencia didáctica propuesta, se decidió trabajar con 3 herramientas diversas: un servidor dedicado para MQTT, una instancia de Thingsboard y el uso libre de la plataforma ThingSpeak.

La primera opción consistió en configurar un broker basado en el protocolo MQTT, que destaca como una de las tecnologías emergentes y prometedoras en el campo de la ingeniería. El protocolo MQTT, con su enfoque en el modelo “Publicar/Suscribir”, facilita la transmisión de mensajes en una estructura muchos-a-muchos, lo que lo convierte en una solución idónea para el intercambio de información entre diversas tecnologías, como sensores y placas de procesamiento.

La infraestructura para el servidor MQTT comprende un computador Orange Pi 4. A nivel de software, se utiliza un broker MQTT de código abierto (Mosquitto) sobre el sistema operativo Raspbian, junto con bibliotecas para clientes MQTT nativos y web socket y una aplicación web personalizada para la visualización de datos. Estos recursos son esenciales para llevar a cabo la investigación de manera eficiente y efectiva en el contexto de la experticia requerida.

La segunda opción consiste en la implementación de un servidor con la plataforma ThingsBoard

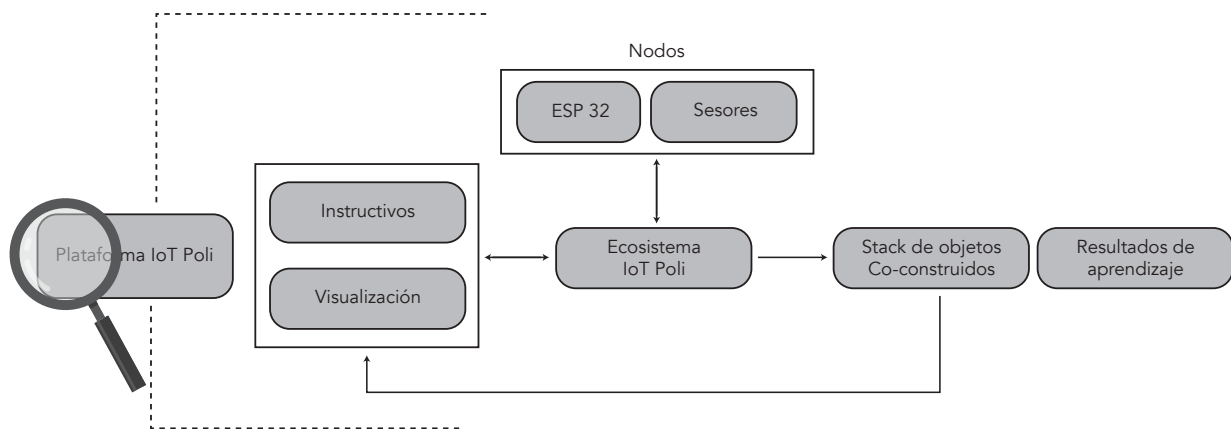
en una Raspberry PI con disponibilidad para uso de protocolo HTTP y MQTT. Se trata de una plataforma IoT de código abierto con diversas funcionalidades, como gestión de sensores, análisis de datos y visualización en tiempo real. Es compatible con varios dispositivos y protocolos, ofrece seguridad configurable y tiene amplia documentación y una comunidad activa. Puede desplegarse localmente o en la nube, con opciones gratuitas y planes comerciales [10].

Finalmente, con el fin de proveer una herramienta abierta y de fácil acceso para los estudiantes, se plantea la plataforma ThingSpeak. Esta plataforma permite el envío de datos a la nube de forma privada, facilita el análisis y visualización, y permite activar respuestas. Otras características con las que cuenta incluyen la recopilación y compartición de datos, API RESTful y MQTT,

análisis con MATLAB, alertas, programación de eventos y una comunidad global. Compatible con dispositivos como Arduino, Raspberry Pi y aplicaciones móviles [11].

La figura 2 presenta una vista detallada de la plataforma planteada; en el centro de la interacción se presenta la plataforma IoT Poli encargada de gestionar los mensajes entre los actores del entorno, se plantean varias capas y contextos en los cuales se orienta y gestiona la interacción de estudiantes y docentes basados en la secuencia. En color amarillo se tiene la capa de presentación, en ella el usuario encuentra las guías de uso básicas y una herramienta de visualización de los diferentes temas suscritos en el servidor, la visualización de datos se hace con base en gráficos que, según las necesidades, el usuario puede seleccionar.

Figura 2. Detalle de la plataforma IoT Poli.



Nota: Fuente elaboración propia.

En la capa de nodos se presentan diferentes posibilidades para que el usuario pueda conectar diferentes dispositivos de adquisición de datos y transmitirlos a la plataforma, de esta manera se genera una interacción de construcción donde los estudiantes generan información que luego será consumida por otros usuarios, reforzando el aprendizaje en comunidad desde la construcción del conocimiento propio; también pueden existir

conexiones de consumo o suscripción; desde estas los estudiantes pueden realizar tareas de recolección, análisis y co-creación a partir de los temas creados por otros.

Estos dispositivos harían parte del ecosistema de objetos, basado en placas de prototipado usando dispositivos como el ESP 8266 y ESP 32 para nodos, incluyendo sensores para la adquisición

de datos. Para la conexión a internet de las placas se pretende hacer uso de redes WiFi, por limitaciones de presupuesto y de facilidad de uso de los estudiantes.

Todo este trabajo se refleja en un banco de objetos co-creados que puede ser consultado y utilizado por todos los usuarios, de manera que se producen cambios y adaptaciones de acuerdo con las necesidades de cada proyecto. Este proceso evidencia la construcción de conocimiento en comunidad, reforzado desde la secuencia didáctica y el entorno construido para su desarrollo.

Rúbricas para evaluación de la secuencia didáctica

El constructivismo destaca la naturaleza personal y subjetiva del aprendizaje, enfatizando la interacción social, la reconstrucción de

conocimientos culturales y el papel crucial de los conocimientos previos en la construcción del nuevo aprendizaje. Asimismo, resalta la importancia de contextos auténticos y significativos, la resolución de problemas con sentido y la conexión entre lo nuevo y lo conocido. Estos principios fundamentales del constructivismo se centran en la construcción activa del conocimiento a través de experiencias interactivas y significados personales. [12]. Basados en estos principios, se construyó una rúbrica que pretende resumir los elementos mencionados usando como criterios: "Reconocimiento de saberes previos", "Construcción activa de nuevo conocimiento", "Rol del docente", "Rol del estudiante", "Naturaleza de las actividades de aprendizaje" y "Aprendizaje significativo" que, mediante niveles de cumplimiento de dichos criterios, busca evaluar desde el punto de vista constructivista los aportes que la secuencia didáctica hace al proceso de aprendizaje planteado.

Tabla 1. Rúbrica de evaluación de la plataforma vista desde el Constructivismo.

Criterio	Descripción
Reconoci-miento de saberes previos.	1: No se consideran los saberes previos. 2: Se reconoce de manera mínima. 3: Reconocimiento parcial y limitado. 4: Reconoce adecuadamente. 5: Reconocimiento integral y activo.
Construcción activa de nuevo conocimiento.	1: Poca o ninguna actividad de construcción. 2: Construcción mínima y pasiva. 3: Actividades parcialmente construidas. 4: Construcción activa en la mayoría de las actividades. 5: Construcción activa y reflexiva constante.
Rol del docente.	1: Docente como único transmisor de conocimientos. 2: Rol del docente predominante directivo. 3: Equilibrio entre dirección y facilitación. 4: Rol del docente mayormente facilitador. 5: Docente actúa principalmente como facilitador.
Rol del estudiante.	1: Estudiante como receptor. 2: Participación mínima del estudiante. 3: Participación parcial y ocasional. 4: Estudiante participa activamente. 5: Estudiante asume un rol proactivo en su aprendizaje.

Criterio	Descripción
Naturaleza de las actividades de aprendizaje.	1: Actividades tradicionales repetitivas. 2: Algunas actividades fomentan la exploración. 3: Actividades mixtas, algunas exploratorias. 4: Mayoría de actividades son exploratorias. 5: Todas las actividades son experiencias significativas.
Aprendizaje significativo.	1: Poca o ninguna conexión con la vida cotidiana. 2: Conexiones mínimas con experiencias personales. 3: Algunas conexiones significativas. 4: Conexiones frecuentes y relevantes. 5: Aprendizaje altamente significativo y aplicable.

Nota: Fuente elaboración propia.

El construccionismo se basa en tres conceptos clave desde la perspectiva didáctica: objetos para pensar, micromundos y entidades públicas. Los objetos para pensar son herramientas que ayudan a los estudiantes a explorar y crear, facilitando la construcción interna del conocimiento al trabajar con objetos externos. Los micromundos son entornos de aprendizaje

que permiten a los estudiantes experimentar con conceptos complejos mediante la interacción con los objetos para pensar. Las entidades públicas son construcciones compartibles y discutibles que enriquecen el diálogo interno y social, contribuyendo tanto a la construcción individual como a la social del conocimiento. [13].

Tabla 2. Rúbrica de evaluación de la plataforma vista desde el Construccionismo.

Criterio	Descripción
Objetos para pensar.	1: Pocos o ningún objeto para pensar. 2: Objetos mínimamente relacionados con conceptos. 3: Algunos objetos facilitan la reflexión. 4: Objetos conectados a conceptos de manera significativa. 5: Amplia variedad de objetos que fomentan la reflexión profunda.
Entidades públicas	1: Falta de interacción social en relación con los objetos. 2: Interacción social mínima en relación con los objetos. 3: Alguna interacción social facilitada por los objetos. 4: Interacción social frecuente y significativa. 5: Alta mediación social a través de objetos.
Micro mundos.	1: Escasa o ninguna exploración y experimentación. 2: Exploración limitada em micro mundos. 3: Aguna exploración y experimentación. 4: Exploración frecuente y variada en micro mundos. 5: Amplia exploración y experimentación en diversos micro mundos.

Criterio	Descripción
El objeto construido como instrumento para elaboración del conocimiento.	1: Mínima elaboración del conocimiento a través de objetos. 2: Construcción de objetos con relevancia limitada para el aprendizaje. 3: Objetos construidos contribuyen en cierta medida a la elaboración del conocimiento. 4: Objetos construidos tienen un papel significativo en la elaboración del conocimiento. 5: Construcción de objetos es esencial para la comprensión y aplicación del conocimiento.

Nota: Fuente elaboración propia.

A partir de esta base, se elaboró una segunda rúbrica para evaluar la presencia de cada uno de estos elementos dentro de las actividades de aprendizaje presentes en la secuencia didáctica. La rúbrica evalúa el enfoque constructorista de Papert en tres aspectos clave: "Objetos para pensar", "Entidades públicas" y "Micromundos". En relación con los "Objetos para pensar", se valora desde la presencia mínima hasta la amplia variedad que fomente una reflexión profunda. La "Entidad pública" se evalúa en términos de la mediación social facilitada por los objetos, desde la falta de interacción hasta una alta mediación social. En cuanto a los "Micromundos", se considera la exploración y experimentación, evaluando desde la escasa o ninguna hasta la amplia exploración y experimentación en diversos micromundos. Además, se examina cómo el objeto construido sirve como instrumento para la elaboración del conocimiento, evaluando desde una mínima contribución hasta una construcción esencial que impulsa la comprensión y aplicación del conocimiento. La escala de evaluación varía de 1 a 5, reflejando el nivel de integración y efectividad del constructorismo en cada uno de estos aspectos.

Resultados

La secuencia didáctica descrita se presenta como una opción interesante y de impacto positivo en la labor académica a desarrollar. Las rúbricas de evaluación construidas, desde el punto de vista del constructivismo y el constructorismo, permiten obtener una visión de cumplimiento y de

los diferentes criterios que estas teorías proponen para lograr los resultados.

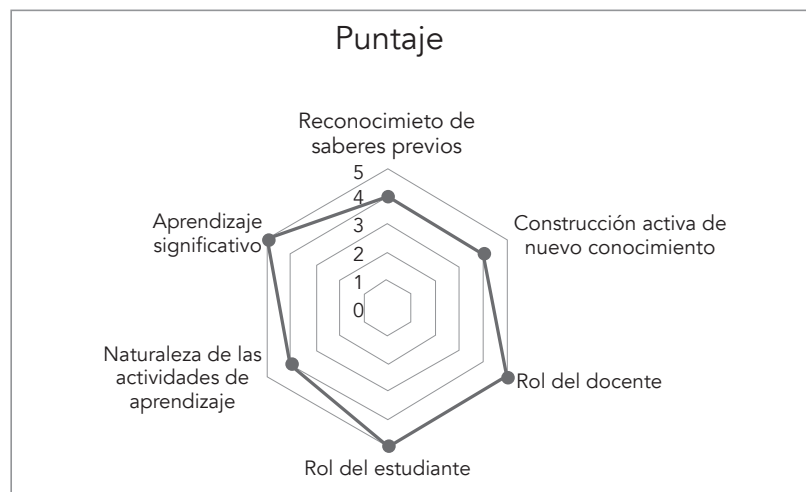
Al evaluar la secuencia didáctica en relación con la Rúbrica 1 del Constructivismo, se destacan diversas observaciones (entre paréntesis la nota otorgada por los autores):

En cuanto al "Reconocimiento de saberes previos (4/5)", se aprecia que es puntual y orientado a un aprendizaje significativo al integrar los conceptos nuevos en el conocimiento preexistente del estudiante. Sin embargo, se sugiere mejorar la comprensión del significado de este reconocimiento, enfocándolo más hacia un aprendizaje situado. En relación con la "Construcción activa (4/5)", se señala la necesidad de incorporar una construcción reflexiva más profunda para potenciar el impacto en el aprendizaje mediante la metacognición. El "Rol del docente como facilitador (5/5)" se destaca por su evolución a lo largo de la secuencia, pasando de un papel inicial de dirección a uno de facilitación progresiva. La sugerencia de diversas fuentes de información desde el principio respalda este enfoque, promoviendo la autonomía del estudiante. La "Proactividad del estudiante (5/5)" se reconoce como un diferenciador, especialmente motivado en los espacios de diseño. Esta proactividad se alinea con el rol del docente como facilitador, aunque se reconoce que no puede garantizarse de manera absoluta. En relación con el "Aprendizaje significativo (4)", se destaca la conexión con la cotidianidad y la integración con conocimientos previos del

estudiante, pero se sugiere enriquecer algunas actividades con la construcción del contexto de aplicación. Finalmente, se subraya que el área de estudio, centrada en las aplicaciones IoT, es altamente aplicable y significativa (puntuación 5), siendo relevante para estudiantes de ingeniería de sistemas y telecomunicaciones, cada uno con sus especificidades y posibles fortalezas.

En conjunto, la secuencia demuestra una sólida adhesión a los principios constructivistas, con áreas de mejora identificadas para potenciar aún más la calidad del aprendizaje. La figura 3 muestra de manera gráfica los resultados de la evaluación de la rúbrica 1.

Figura 3. Evaluación de la secuencia didáctica desde el constructivismo



Nota: Fuente elaboración propia.

Al evaluar la secuencia didáctica empleando la Rúbrica 2 del constructivismo, se destacan las siguientes observaciones:

En el aspecto de "Objetos para pensar (4/5)", se reconoce que están conectados de manera significativa a los conceptos. Sin embargo, se sugiere que el crecimiento de la base de objetos co-construidos podría ampliar la exploración hacia una variedad aún mayor, fomentando así una reflexión más profunda. En relación con las "Entidades públicas (5/5)", se subraya la importancia de los objetos co-construidos en la construcción social del conocimiento y la exploración inicial y continua para el desarrollo de nuevas aplicaciones. Se destaca que las actividades explícitas de socialización, junto con los espacios de diseño y las rúbricas a vista, facilitan el diálogo social y la reflexión interna mediante el objeto diseñado/construido como punto de partida. En

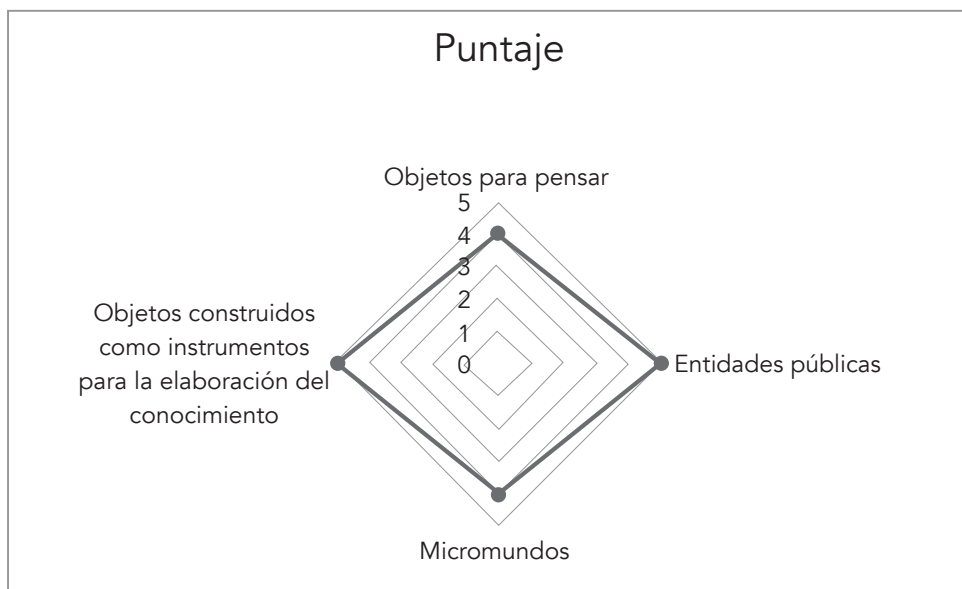
el ámbito de "Micro mundos (4/5)", se evidencia un proceso de exploración y apropiación de los objetos previamente construidos y sus interacciones. Aunque la extensión inicial de los micro mundos es limitada, se ofrece espacio para que los objetos co-construidos enriquezcan estos entornos para nuevos estudiantes. En cuanto al "Objeto construido como instrumento para elaboración del conocimiento (5/5)", se destaca la esencial contribución de la construcción de objetos a la comprensión y aplicación del conocimiento. La secuencia muestra que la construcción de objetos no es solo relevante, sino fundamental para el proceso de aprendizaje.

En resumen, la secuencia demuestra una sólida implementación de los principios del constructivismo, especialmente en la conexión significativa de los objetos con conceptos y en la creación de entornos propicios para la construcción

social del conocimiento. Se identifican áreas para mejorar, como la expansión de la base de objetos

y la profundización reflexiva en la construcción activa. Estos resultados se ven en la figura 4.

Figura 4. Evaluación de la secuencia didáctica desde el construccionismo



Nota: Fuente elaboración propia.

En cuanto a la parte técnica propuesta para la Plataforma IoT Poli, se logró la implementación de los dos servidores propuestos, desarrollando pruebas iniciales de conexión, transmisión de información y verificación de protocolos. Respecto a ThingsBoard, la herramienta en nube, esta ha venido siendo utilizada por los cursos presenciales y virtuales, buscando apropiarse los conceptos de transmisión, visualización y análisis de información.

Discusión

La secuencia didáctica se sitúa en el marco del constructivismo y el construccionismo, enriqueciendo la experiencia de aprendizaje al alinearla con principios fundamentales de ambas corrientes pedagógicas. El constructivismo sostiene que el aprendizaje es un proceso activo y social en el cual los estudiantes construyen su propio conocimiento a través de la interacción con su entorno y sus pares.

Desde una perspectiva constructivista, la fase inicial de exploración de referentes teóricos de IoT se presenta como un momento crucial. Aquí, los estudiantes no solo identifican e incorporan información teórica, sino que, de manera activa, construyen su comprensión conceptual a través de la exploración y la síntesis de diversos conceptos relacionados con IoT. Esta fase fomenta la participación y la construcción personalizada del conocimiento.

El construccionismo amplía al constructivismo al enfatizar la importancia de la construcción física y tangible en el proceso de aprendizaje. La fase de exploración de objetos de la plataforma, donde se instrumentaliza el uso de nodos y la visualización de datos mediante la tarjeta ESP32 y el kit de sensores, se alinea de manera directa con los principios del construccionismo. Aquí, los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también participan en la construcción física y práctica de sus propios objetos conectados.

La iteración de diseño para la aplicación seleccionada también incorpora elementos clave del construccionismo al enfocarse en el desarrollo iterativo de un prototipo funcional. Este enfoque permite a los estudiantes no solo concebir soluciones basadas en IoT de manera abstracta, sino también construir y mejorar continuamente sus creaciones, consolidando así su comprensión y habilidades prácticas.

En consonancia con el constructivismo, la identificación de una aplicación real de interés propone un enfoque significativo y contextualizado. Aquí, los estudiantes aplican su comprensión de IoT para identificar problemas del mundo real que deseen abordar, lo que favorece la conexión del aprendizaje con situaciones auténticas y relevantes.

El construccionismo también se manifiesta en la implementación de un objeto conectado, donde los estudiantes diseñan y construyen activamente sus propios artefactos, conectándolos a la plataforma y visualizando datos generados. Este proceso físico de construcción refuerza el aprendizaje al proporcionar una experiencia práctica tangible.

Las características mencionadas evidencian una secuencia didáctica fundamentada en el enfoque construccionista, aprovechando la infraestructura tecnológica y los recursos previamente mencionados. Su objetivo primordial es impulsar el aprendizaje activo y significativo de los estudiantes mediante la creación, implementación y análisis de soluciones tecnológicas en el ámbito del internet de las cosas. Los estudiantes utilizarán la plataforma de prototipado y los sensores para adquirir datos, desarrollando proyectos que aborden desafíos reales en la disciplina. A través de la aplicación web de visualización de datos y la interacción con el Ecosistema IoT Poli, los estudiantes experimentarán con el monitoreo y control de sistemas, enriqueciendo su comprensión de conceptos fundamentales. Esta secuencia didáctica busca fomentar la adquisición de habilidades técnicas, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, preparando a los futuros

ingenieros para afrontar con eficacia y creatividad los desafíos tecnológicos en su campo.

La secuencia fomenta la participación de un grupo de estudiantes que desempeñó un papel central en la creación de la plataforma de visualización. Este grupo de base, conformado por estudiantes con habilidades técnicas sólidas, junto con el grupo de docentes, asumió el rol de "constructores" y "facilitadores", contribuyendo al diseño y desarrollo de la plataforma. Su experiencia se convierte en un punto de partida valioso para la interacción de los demás estudiantes, ya que estos últimos se convierten en "usuarios-constructores". Continuando la reflexión sobre el rol de los objetos y la plataforma desde una perspectiva construccionista, se busca que, tanto los objetos preconstruidos como los co-creados, sirvan de vehículo para la exteriorización de ideas y el fomento del diálogo interno reflexivo en los estudiantes, actuando como verdaderos "objetos para pensar". Todo esto se desarrolla en un entorno integrado que posibilita la interacción, la experimentación, la modificación y la construcción de conocimiento mientras se dan forma a los objetos, generando un "micro mundo" de aprendizaje.

En este marco, las características del Internet de las cosas (IoT) están diseñadas para fomentar la interacción, facilitando así el proceso de diálogo social. Esto habilita a los estudiantes a exponer, comunicar, defender, debatir y co-construir conocimiento, reflejando la noción de "entidades públicas" planteada por Papert. De este modo, la plataforma se convierte en un espacio dinámico donde los objetos y elementos tecnológicos se transforman en herramientas para el pensamiento y la generación de conocimiento, promoviendo la colaboración entre los estudiantes dentro del contexto educativo de la ingeniería.

Conclusiones

El desarrollo de la secuencia didáctica, alineada con los enfoques constructivista en general y construccionista en particular, ha permitido obtener una estrategia para el desarrollo de cursos

futuros, que fomenten un aprendizaje activo y significativo. Esta estructura flexible se espera posibilite la construcción colaborativa y reflexiva de conocimientos entre docentes y estudiantes, fortaleciendo la autonomía estudiantil y el papel facilitador de los educadores.

En ese sentido, la implementación de la plataforma IoT Poli ayudará a transmitir, visualizar y analizar información, cumpliendo con los propósitos técnicos y pedagógicos establecidos.

La plataforma IoT Poli ofrece un entorno adecuado para la construcción social del conocimiento a través de objetos para el pensamiento, micromundos y entidades compartidas. La interacción con estos objetos impulsa la exploración y la reflexión, fundamentales para comprender y aplicar el conocimiento de manera efectiva.

Desde el punto de vista técnico, la implementación de la plataforma facilita la transmisión,

visualización y análisis de información. Esta herramienta será un recurso importante, tanto en cursos presenciales como virtuales, contribuyendo a una mejor comprensión de los conceptos relacionados con IoT. La secuencia didáctica propuesta, acompañada de la plataforma IoT Poli, permitirá promover un aprendizaje colaborativo, significativo y tecnológicamente relevante.

Aunque los resultados son prometedores, es importante reconocer algunas limitaciones respecto a la evaluación de las rúbricas, el uso con grupos estudiantiles de las plataformas propuestas y evaluaciones a largo plazo para observar el impacto en el aprendizaje.

Como una siguiente fase del trabajo desarrollado, se espera explorar la implementación de la plataforma en diferentes contextos educativos y evaluar cómo se adapta a diferentes niveles de habilidades y conocimientos.

Referencias

- [1]. X. Zaldivar-Colado, U. Zaldivar-Colado, C. Marmolejo-Rivas, R. Bernal-Guadiana & J. Hernandez-Payan, 'Learning and technology in virtual environments with a constructionism theory', *6th International conference of education, research and innovation (ICERI 2013)*, 2013, pp. 6995-7001.
- [2]. S. C. Barreiro y D. F. Bozutti, "Desafíos y dificultades en la enseñanza de la ingeniería a la generación Z: Un caso de estudio", *Propósitos y Representaciones*, vol. 5, n° 2, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.20511/pyr2017.v5n2.163>
- [3]. Proyecto Educativo Institucional, Politécnico Grancolombiano, Bogotá, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.poli.edu.co/sites/default/files/p-e-i-n2020.pdf>
- [4]. E. F. Pascagaza and B. G. Bohórquez, "El aprendizaje basado en proyectos y su relación con el desarrollo de competencias asociadas al trabajo colaborativo," *Revista Amauta*, vol. 17, n° 33, pp. 103-118, 2019, doi: 10.15648/am.33.2019.8.
- [5]. Unión Internacional de Telecomunicaciones, "Recomendación ITU-T Y.2060, Descripción general de Internet de los objetos", 2012.
- [6]. J. S. Santoyo Díaz, E. Carrillo Zambrano, and J. Samper Zapater, "State of the art about use of IoT in education", In *Proceedings of the Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS '18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 22, 1-5. <https://doi-org.loginbiblio.poligran.edu.co/10.1145/3293614.3293655>
- [7]. O. Zawacki-Richter, V. I. Marín, M. Bond, et al., "Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?" *Int. J. Educ. Technol. High Educ.*, vol. 16, p. 39, 2019. DOI: 10.1186/s41239-019-0171-0.
- [8]. C. L. Rincón Valdiri and N. C. Rincón Valdiri, "Diseño e implementación de una estrategia didáctica para el fortalecimiento de la escritura a través de textos digitales en los estudiantes del grado 203 del colegio distrital Estrella del Sur," (Tesis de maestría), Universidad Libre de Colombia, 2015.
- [9]. IBM, "¿Qué es el software de código abierto?". [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/open-source>
- [10]. N. Martínez, "Ecosistema de IoT para integración de proyectos de aula utilizando herramientas de código abierto". (Tesis de pregrado). Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, 2023. <http://hdl.handle.net/10823/7014>
- [11]. J. Manotas y N. Martínez, "Exploración de las plataformas IOT en el mercado para fomentar el conocimiento, buen uso y efectividad de los dispositivos IOT creados en la facultad de ingeniería y ciencias básicas de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano". (Tesis de pregrado). Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, 2023. <http://hdl.handle.net/10823/1215>
- [12]. F. Díaz Barriga y G. Hernández Rojas, "Estrategias docentes para un aprendizaje significativo (Una interpretación constructivista)", 2a ed. México: McGraw-Hill, 2004.
- [13]. E. Badilla Saxe, A. Chacón Murillo, "Construccionismo: Objetos para pensar, entidades públicas y micromundos", *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, vol. 4, n° 1, enero-junio, 2004, p. 0, Universidad de Costa Rica San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.