

# Desarrollo de sistema de control de acceso en el almacén de electrónica de la UCO

## Development of a system for access control in the electronic storage room in the UCO

Julián Andrés Chala Polanco<sup>1</sup>  
Juan Sebastián Carmona Bedoya<sup>2</sup>  
Luis Felipe Echeverri Escobar<sup>3</sup>  
Luis Reinel Castrillón Osorio<sup>4</sup>

### Resumen

Este artículo presenta el diseño e implementación de un sistema de control de acceso e inventario para el almacén del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Oriente. El sistema implementado consta de un módulo central de gestión de información, un módulo lector inalámbrico para la identificación de los equipos y un control de acceso mediante una cantonera y un lector biométrico. El sistema se encuentra operando actualmente y se han mejorado características de funcionamiento como la confiabilidad de la información, la trazabilidad y la seguridad, y se ha logrado además disminuir en 40,63% los tiempos de servicio a los usuarios. Características adicionales como el bajo costo y el bajo consumo energético abren la posibilidad de replicar esta experiencia en otras instancias de la Universidad, donde sean necesarios accesos restringidos y almacenamiento de equipos de alto costo.

**Palabras claves:** biometría, control de acceso, Raspberry, RFID, ZigBee.

### Abstract

This paper presents the design and the implementation of an access control and inventory system for the storage room of the Electronic Engineering program in the Universidad Católica de Oriente. The implemented system consists of a central information management module, a wireless reader module for identification of equipment, and an access control unit with an electric door strike and a biometric reader. Currently, the system is up and running and its functionality characteristics have been improved by having reliable information, capability to trace, and the assurance of a secure system. In addition, we have achieved a 40.63% decrease in time service to users. Furthermore, additional characteristics such as low cost and low energy consumption opens the possibility of replicating this experience in other departments of the university, where restricted access and storage of high-cost equipment is needed.

**Keywords:** Access control, biometry, Raspberry, RFID, ZigBee.

<sup>1</sup> Ingeniero Electrónico de la Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: juli131128@gmail.com

<sup>2</sup> Ingeniero Electrónico de la Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: juan.sebastiancarmona89@gmail.com

<sup>3</sup> Especialista en gestión de software, Grupo de Investigación en computación Móvil y Ubicua —GIMU—. Docente de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: lecheverri@uco.edu.co

<sup>4</sup> Especialista en gestión de software, Grupo de Investigación en computación Móvil y Ubicua —GIMU—. Docente de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: lcastrillon@uco.edu.co

## Introducción

El almacén del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Oriente es el lugar donde se guardan todos los dispositivos y equipos que posibilitan, tanto a estudiantes como profesores, el desarrollo de prácticas de laboratorio y proyectos de investigación a lo largo del semestre. Para obtener el préstamo de los mismos, se debe solicitar a un monitor (estudiante o persona encargada de registrar y entregar el correspondiente elemento) la entrega del equipo requerido, esta persona procede a buscar lo solicitado y gestiona un reporte manual en el que indica qué, cuándo y a quién se le ha entregado el dispositivo electrónico, sin embargo, este sistema de préstamo presenta ciertas vulnerabilidades:

**Seguridad de acceso reducida:** Al almacén ingresan las personas autorizadas por un único acceso, una puerta que cuenta con una reja metálica con una cerradura con cilindro, y luego una puerta de madera que tiene dos chapas de sobreponer; para el ingreso se utiliza un único juego de llaves a cargo del monitor de turno. El problema de seguridad se presenta con la rotación de monitores, puesto que no se tiene información exacta de la persona que está ingresando al almacén y, en caso de extraviarse las llaves, cualquier persona que las encuentre podría ingresar y sustraer material sin ser reportado.

**Afectación de servicio:** Se han presentado varias quejas de los usuarios debido a que en ocasiones el monitor de turno se ausenta antes de que llegue su remplazo, y por lo tanto el acceso a los elementos de préstamo del almacén queda deshabilitado hasta que esta persona vuelva a las instalaciones de la universidad y entregue las llaves, lo cual afecta el desarrollo de los laboratorios o la disponibilidad de los elementos para que los estudiantes realicen sus labores académicas.

**Registro de préstamo:** El software de préstamos se basa en una plantilla en *Access* que no cuenta con la seguridad adecuada, por tal motivo es fácil que una persona que ingrese al aplicativo modifique o elimine información y afecte la trazabilidad de los procesos de préstamo, la toma de decisiones y el riesgo de pérdida de elementos.

**Tiempo de acceso y préstamo:** Con la metodología actual, el tiempo de préstamo y devolución de un equipo oscila entre dos y tres minutos, que se puede incrementar hasta en dos minutos adicionales cuando el monitor pierde momentáneamente las llaves. Teniendo en cuenta la concurrencia de usuarios y la cantidad de equipos, tales retrasos generan cuellos de botella e insatisfacción en el servicio.

Estas debilidades del sistema actual sugieren la necesidad de construir un nuevo sistema, de hardware y software, que permita incrementar la seguridad de acceso del almacén de electrónica, mejorar la veracidad de la información en el registro de préstamos, reducir los tiempos de servicio y conocer la cantidad de elementos disponibles.

## Metodología

El proyecto se desarrolló siguiendo una metodología por procesos como la que se muestra en la figura 1, mediante el cumplimiento y la superación de cinco etapas fundamentales: inicialmente se realizó un levantamiento de requisitos con el fin de identificar las problemáticas prioritarias que se debían tener en cuenta; en segundo lugar, se definió la arquitectura global del sistema; posteriormente, se diseñó el software y el hardware, se realizaron las pruebas de desempeño y, finalmente, se evaluó el funcionamiento total del sistema.

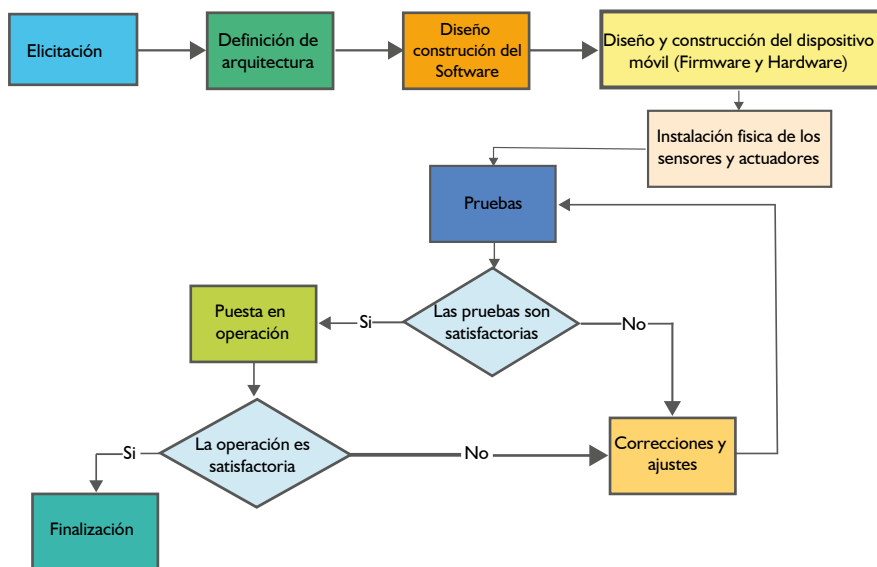


Figura I. Metodología de diseño

### Levantamiento de requisitos

Antes de iniciar cualquier proceso de diseño, se analizó la problemática mediante un levantamiento de requisitos que permitió identificar cuáles son las principales características que se debían tener en cuenta para el nuevo sistema y cuáles de las problemáticas encontradas representaban mayor prioridad de atención. Para ello se realizaron entrevistas individuales a usuarios y actores inmersos en los procesos de préstamo e inventario (monitores, estudiantes y docentes). Cada una de las respuestas que entregaron las personas entrevistadas era valorada de manera cuantitativa y ponderada de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q \times \sum P}{N}$$

Donde,

V: valoración, prioridad del aspecto evaluado

Q: cantidad de personas que mencionaron el aspecto en cuestión.

P: peso en la organización, valoración de 3 a 5 dependiendo del nivel en la organización de la persona encuestada.

N: cantidad total de personas encuestadas.

A partir de las respuestas obtenidas se construye el consolidado que se presenta en la Tabla 1.

**Tabla I.** Resultados de la encuesta de requerimientos

N.º de personas	Suma de los pesos en la organización	Requerimiento	Valoración
3	10	Sistematización y automatización de procesos (ingreso de usuarios y elementos, registro de préstamos)	3.75
4	16	Sistema de información (control de préstamos, inventario, usuarios y poder realizar consultas)	8
3	9	Disminución de los tiempos de préstamo	3.375
2	9	Registro de ingreso al almacén	2.25
4	16	Identificación y verificación de los usuarios	8
4	15	Imposibilidad de modificar la información de los préstamos realizados	7.75
3	10	Posibilidad de validar el estado de los equipos al momento del préstamo a las devoluciones	3.75

De acuerdo con la información recopilada se pudo encontrar que las principales falencias del sistema actual radicaban en la imposibilidad de conocer cuál monitor presta cada equipo, el ingreso manual de la información (debido a la cantidad, variedad y similitud externa de los equipos, un monitor puede confundirse fácilmente y cometer errores tanto en el préstamo al usuario como en el ingreso manual al sistema) y que el software permitía edición de registros sin ninguna autenticación y sin dejar ninguna evidencia.

Una vez identificados los requerimientos principales del sistema, se procedió a elegir la arquitectura adecuada para dar solución a la problemática especificada.

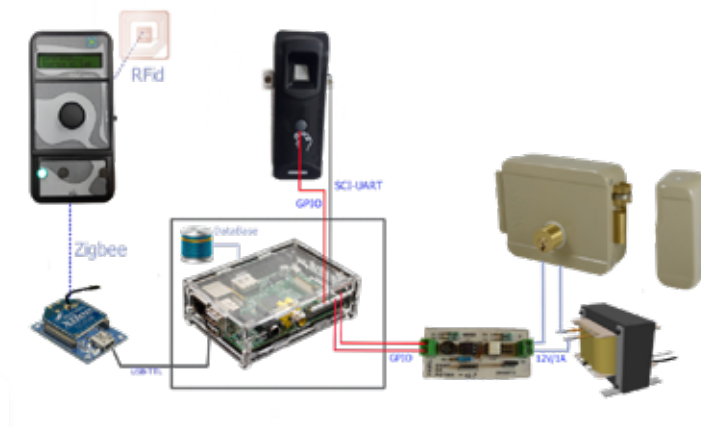
### Arquitectura

La arquitectura de solución que se propuso se presenta en la Figura 2, consta de tres componentes principales:

**Sistema de acceso:** Está compuesto de un lector biométrico de huella digital para la autenticación de usuarios y una cantonera acoplada a una etapa de potencia para la apertura automática de la puerta del almacén (sin la necesidad de usar llaves).

**Sistema de gestión de información:** Es el encargado de gestionar los procesos de registro, modificación, eliminación y consultas de usuarios y elementos del almacén.

**Módulo lector:** Dispositivo móvil con lector *RFID* y comunicación inalámbrica para la lectura de los identificadores de los elementos que van a ser prestados o devueltos. La tecnología *RFID* representa la principal herramienta utilizada en los últimos años para sistemas de inventario (Want, 2006).



**Figura 2.** Arquitectura de solución

## Hardware

Para el sistema central de procesamiento y gestión se utilizó un dispositivo miniatura de bajo costo, bajo consumo energético y alto nivel computacional, conocido como Raspberry PI (Upton y Halfacree). Este dispositivo cuenta con sistema operativo basado en Linux, sobre el cual se pueden instalar programas y desarrollar aplicativos. Cuenta con las interfaces necesarias para interactuar con el usuario (módulo RCA, HDMI y puertos USB) (Richardson y Wallace, 2012), además de puertos de entrada y salida con los cuales se puede adquirir la información del lector biométrico y activar la apertura de la puerta mediante una etapa de potencia y una cantonera. Debido a las características del módulo Raspberry, es posible que esté en funcionamiento durante largos periodos (lo cual es un requerimiento del sistema), sin que se haga necesario el uso de mecanismos complejos de refrigeración. La comunicación con el módulo lector se realiza de manera inalámbrica mediante el uso de un dispositivo ZigBee. Se adoptó esta tecnología por su bajo costo, confiabilidad en la transmisión de la información, bajo consumo

energético y alcance (Wheeler, 2007).

Por otro lado, el hardware para el lector móvil es un sistema que incluye los elementos necesarios para hacer la lectura de los identificadores (tags RFID) ubicados en los equipos del almacén y comunicar de manera inalámbrica la información al sistema de gestión. El diseño completo del módulo lector se presenta en la Figura 3. El módulo lector cuenta con un microcontrolador MC9S08JM60 de Freescale, encargado de controlar todos los procesos de lectura y transmisión de información; un cargador de baterías MCP738312, que permite la carga de las baterías de litio polímero mediante puerto USB; una pantalla LCD con control de luminosidad, para el registro de eventos; un lector RFID EM4100 de la empresa Parallax, para identificar los equipos; un módulo de comunicación inalámbrica ZigBee XBEE PRO, para enviar la información registrada al sistema central, y un sistema de almacenamiento interno que usa una memoria EEPROM y un módulo RTC.



**Figura 3.** Componentes del módulo lector

## Software

La aplicación de gestión de información y control de acceso para el almacén fue programada sobre el módulo Raspberry. Para ello se utilizó el IDE Python para el desarrollo de lógica interna, se usó QT para el diseño de la interfaz de usuario y MySQL para el diseño de la base de datos del sistema.

El software fue diseñado con los siguientes módulos y funcionalidades:

- Control de usuarios y permisos restringidos
- Definición de roles
- Registro de ingreso al almacén
- Registro y eliminación de usuarios
- Registro y eliminación de elementos
- Registro de préstamos y devoluciones
- Consultas: préstamos activos, históricos de préstamos, elementos disponibles, usuarios registrados e ingreso al almacén

## Evaluación

Una vez se diseñó y construyó el sistema, se procedió a realizar una serie de pruebas que tenían como fin identificar fallas, falencias e inconformidades del sistema en operación. Las calidades sistémicas, tales como seguridad, usabilidad, trazabilidad y confiabilidad, se evaluaron cualitativamente mediante entrevista directa con los usuarios del sistema.

La medición del tiempo de servicio se calcula mediante el siguiente procedimiento:

- Se escoge un grupo de cinco monitores al azar.
- A cada monitor se le solicita el uso de equipos del almacén.
- Se mide el tiempo de ingreso.
- Se hace un pedido de cinco equipos con diferentes características.
- Se mide el tiempo de préstamo.
- Este procedimiento se lleva a cabo en tres

- ocasiones distintas para cada monitor, con el fin de completar un total de 15 mediciones.
- Se tabula la información, se determinan los tiempos promedios y se realizan comparaciones estadísticas usando el paquete RWizard.

Este procedimiento se efectúa tanto con el sistema anterior como con el sistema desarrollado.

## Resultados y discusión

Actualmente el sistema se encuentra en funcionamiento y operando normalmente, el montaje

completo se presenta en la Figura 4. La interfaz de usuario final es intuitiva y fácil de manipular por parte de los monitores. Los préstamos se cargan de manera automática en la base de datos, en forma transparente para el usuario. Se establecieron roles de usuario con lineamientos de seguridad específicos, de modo que sólo personas con permisos privilegiados puedan editar la base de datos.



**Figura 4.** Implementación del sistema final

La validación de monitores y usuarios se realiza mediante el lector de huellas digitales y la información de los elementos por medio del módulo lector RFID. De esta forma el registro ha sido más ágil y seguro y ha disminuido la probabilidad de error humano. Esta mejora ha permitido llevar registros históricos y establecer las responsabilidades sobre el funcionamiento y buen uso de los equipos.

El funcionamiento óptimo y puesto en marcha del sistema presenta resultados positivos y mejoras significativas que los usuarios del sistema evalúan desde un punto de vista cualitativo. Sin embargo, se realizaron pruebas cuantitativas con el fin de identificar las mejoras en el tiempo de préstamo con el nuevo sistema.

En la Figura 6 se presenta el resultado de las pruebas estadísticas *t de student*, relacionadas con el tiempo de ingreso al almacén y el tiempo de

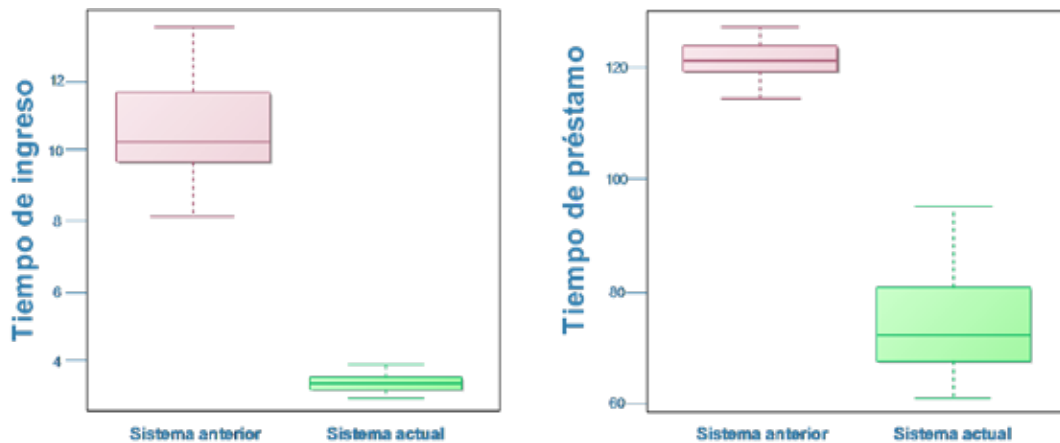
préstamo que utiliza un monitor con el sistema anterior y el sistema actual. Los valores arrojados en las pruebas se relacionan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Análisis estadístico

Tiempos de ingreso					
Sistema anterior		Sistema actual		Test Levene	Valor t
Media	Test Shapiro-Wilk	Media	Test Shapiro-Wilk		
10.68	0.9699	3.43	0.599	0.4062	22.4077
Tiempos de préstamo					
Sistema anterior		Sistema actual		Test Levene	Valor t
Media	Test Shapiro-Wilk	Media	Test Shapiro-Wilk		
122.29	0.1651	74.36	0.4523	0.07598	15.5526

En la Figura 5 se muestra que hubo una mejora significativa en el tiempo de ingreso y préstamo con la utilización del sistema diseñado, en comparación con el anterior. El tiempo promedio de servicio de un monitor con el sistema actual es un 40,63 % más rápido. Esta mejora en el

servicio en el tiempo de atención, multiplicada por la cantidad de préstamos que se presentan en una jornada de trabajo académico, representa una mejoría importante en el funcionamiento del sistema de préstamo del almacén del programa de Electrónica y justifica su implementación.



**Figura 5.** Comparación tiempos de servicio entre el sistema anterior y el sistema implementado

## Conclusiones

Se logró la construcción e implementación de un sistema de inventario y control de acceso funcional, que permite facilitar los procesos de préstamos para docentes y estudiantes del programa de Ingeniería Electrónica. Los resultados del funcionamiento del sistema muestran mejoras considerables en seguridad, inventario, tiempo de atención, trazabilidad, registro histórico y simplicidad que, como consecuencia, repercuten en una mejor prestación del servicio y en la conservación y cuidado de los equipos de laboratorio indispensables para el crecimiento académico.

Para trabajos futuros se plantea la posibilidad de llevar toda la información a la nube, con el fin de realizar consultas y seguimientos de manera remota.

Este trabajo fue el resultado de un proyecto de grado para la obtención del título de ingeniero

electrónico, enfocado en la línea de Procesamiento de Señales y Computación Avanzada. Contó con el apoyo permanente del programa de Ingeniería Electrónica y corresponde a un lineamiento estratégico del mismo para dar soluciones tecnológicas a problemas reales del entorno.

## Referencias bibliográficas

- Richardson, M. y Wallace, S. (2012). Getting started with raspberry PI. O'Reilly Media, Inc.
- Upton, E. y Halfacree, G. (2014). Raspberry Pi user guide. John Wiley & Sons.
- Want, R. (2006). An introduction to RFID technology. *Pervasive Computing*, 5(1), 25-33, IEEE.
- Wheeler, A. (2007). Commercial applications of wireless sensor networks using ZigBee. *Communications Magazine*, 45(4), 70-77, IEEE.