

# Prototipo a escala para asignación de puntos de parqueo de aeronaves en las zonas operativas mediante identificación electrónica

Luis Carlos Castiblanco Sanabria  
Ingeniería de Telecomunicaciones  
Universidad Abierta y a Distancia UNAD, Colombia  
lccastiblanco@unadvirtual.edu.co

Mónica Andrea Rico-Martínez, PhD  
Ingeniería de Telecomunicaciones  
Universidad Abierta y a Distancia UNAD, Colombia  
Monica.rico@unad.edu.co

**Resumen** - El incremento de operaciones de vuelo destinadas al fortalecimiento de las operaciones aéreas en Colombia ha generado el crecimiento del inventario de aeronaves en la aviación militar y civil de Colombia. Este crecimiento en el inventario de aeronaves hace que algunas aeronaves deban compartir los puntos de parqueo establecidos en rampas o línea de vuelo junto con las aeronaves operativas, reduciendo la disponibilidad de estos.

Este aspecto sumado a desplazamientos de equipos móviles de apoyo logístico terrestre y el tránsito de personal de mantenimiento en el área operativa, dificultan la visual del personal de tránsito aéreo, tripulaciones y personal de mantenimiento de las zonas operativas para poder identificar y ubicar de manera directa cada aeronave asignada para vuelo, o la disponibilidad de puntos de parqueo para aeronaves cuando llegan de vuelo.

En este artículo se evidencia el diseño y desarrollo de un prototipo a escala para la implementación de un sistema de identificación electrónica de puntos de parqueo, con el ánimo de exponer la funcionalidad de implementar este tipo de tecnologías para contribuir a la reducción de los factores de riesgo y la mejora en el desempeño del personal de mantenimiento, tripulaciones y tránsito aéreo en el control de las zonas operativas.

**Palabras clave**— AERONAVES, PARQUEO, SISTEMA ELECTRÓNICO, REDES INALAMBRICAS, RFID.

## I. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se estructura con el apoyo de los conceptos teóricos desarrollados en el tipo de metodología Ágil [1]. Se describe el término ágil dentro de esta metodología como una palabra que se usa en la industria de la tecnología de la información. Se selecciona esta metodología para desarrollar, debido a la naturaleza técnica del proyecto y los requerimientos de flexibilidad, inmediatez y eficacia en el análisis de la información requerida para el logro de los objetivos propuestos.

Para la realización del prototipo, se estructuraron cuatro fases específicas que inician con la caracterización de la problemática identificada en el proceso de identificación y disponibilidad de puntos de parqueo para aeronaves en tiempo real en una zona operativa por tal motivo se escoge la rampa de aeronaves de la Base Aérea Luis F. Pinto. En la segunda fase se documenta y analiza los resultados de proyectos relacionados con sistemas de identificación electrónica en puntos de parqueo. En la tercera fase se define y caracteriza el tipo de tecnología a utilizar para desarrollar el modelo a escala del sistema de identificación propuesto para la Base Aérea Luis F. Pinto y finalmente en la cuarta fase se evidencian los resultados de las pruebas ejecutadas para el desarrollo del prototipo construido.

La población objeto hacia la cual se dirige el proyecto corresponde al personal de mantenimiento, las tripulaciones de helicópteros y personal de controladores de tráfico aéreo del Comando Aéreo de Combate No.4, encargados de identificar y asignar puntos de parqueo de aeronaves en la zona operativa.

Finalmente, para reunir información relacionada con el planteamiento del problema, posibles soluciones y revisión de la viabilidad del proyecto, se realizó un instrumento para aplicar una encuesta al personal en la zona operativa (pilotos, técnicos de vuelo, personal de mantenimiento y controladores aéreos) y quienes además son conocedores de la problemática existente, relacionada con la dificultad de ubicar e identificar aeronaves y espacios libres de parqueo en esta área. En la tabla 1 se evidencia las preguntas de la encuesta aplicada.

**Tabla 1. Formulario de la encuesta**

1	¿Conoce usted cuantas aeronaves tiene la Base Aérea Luis F. Pinto?
2	¿Sabe usted cuántos spots tiene la Base Aérea Luis F. Pinto?
3	¿Sabe qué tipo de identificación tienen los spots de la Base Aérea Luis F. Pinto?
4	¿De qué manera conoce usted cuando un spot esta libre para parqueo?
5	¿Conoce el protocolo para el parqueo de aeronaves en la Base Aérea Luis F. Pinto?
6	Según su criterio y experiencia, ¿cuáles cree usted que son los riesgos de tipo operacional que se presentan en la zona operativa por no conocer los spots donde se encuentran parqueadas las aeronaves?
7	¿Ha sufrido algún evento de seguridad por causa del tráfico de aeronaves, equipos de apoyo y personal dentro de la zona operativa por no conocer los spots donde se encuentran parqueadas las aeronaves?
8	¿Cuáles son las dificultades que experimenta a la hora de ubicar una aeronave en la zona operativa?
9	¿Se ha cancelado o demorado en la salida a una misión de vuelo por dificultades en la ubicación de la aeronave en los spots de parqueo?

10	¿Cree usted que es oportuno implementar un sistema de identificación electrónica para ubicar spots libres dentro de la zona operativa?
11	¿Qué sugerencias puede aportar para mejorar el proceso de identificación y asignación de puntos de parqueo para aeronaves en la Base Aérea Luis F. Pinto?

Referente a los resultados del instrumento aplicado, el 96.9% de los encuestados está totalmente de acuerdo con la propuesta de implementar un sistema de identificación electrónica de puntos de parqueo para las aeronaves. Esta respuesta validó y justificó el proyecto que se desarrolló y que se presenta en el presente artículo.

#### A. Materiales

Para el diseño del prototipo a escala, con sistema de identificación electrónica para asignación de puntos de parqueo de aeronaves en las zonas operativas, se utilizaron diferentes elementos electrónicos que se evidencian en la figura 1, asimismo en la tabla 2, se expone las razones por las cuales se seleccionaron dichos materiales para el prototipo.



**Figura 1. Elementos Necesarios para el desarrollo del prototipo**  
Fuente. [2], [3], [4]

Es importante mencionar que, para seleccionar dichos dispositivos, se tuvieron en cuenta variables tales como, relación costo-beneficio, viabilidad técnica y eficacia del sistema.

**Tabla 2 Razones de selección**  
Fuente. Elaboración propia

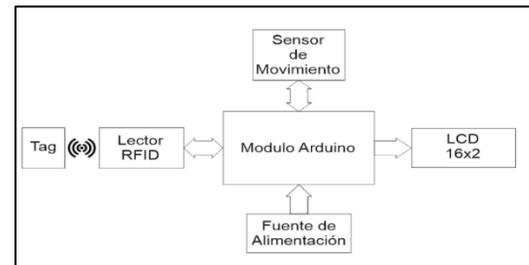
Elemento	Costo-beneficio
Módulo Arduino [5]	La placa usada es económicamente más accesible comparada con otras placas y fácil de usar frente a otros microcontroladores. El software que usa el módulo Arduino funciona de manera apropiada en el sistema operativo Windows que es usado para la programación y como su licencia es de uso y distribución libre no genera sobrecostos.
Módulo RFID RC522[6]	Este módulo es más económico y estable que otros lectores RFID, no posee lecturas de los tags a una gran distancia, pero para el diseño fue suficiente siendo el más adecuado.
Sensor de movimiento HC-SR501 [7]	De los sensores PIR que usa el sistema arduino es el más usado con un precio bastante bajo cumpliendo la función para lo que requiere el diseño.
Tarjetas RFID Pasivas [8]	Estas tarjetas son económicas, duraderas, ligeras y su vida útil es bastante al no tener baterías para su funcionamiento

Estas razones permiten determinar que las características de los elementos seleccionados son los más adecuados para cumplir con los objetivos del prototipo. Adicionalmente, proyecta la posibilidad de implementar este prototipo en una escala real, con el fin de contribuir a que el trabajo del personal de controladores aéreos y supervisores sea más eficiente, minimizando adicionalmente los riesgos de seguridad en los desplazamientos dentro de la zona operativa por parte de personas y equipos, debido a la congestión ocasionada por la importante cantidad de aeronaves que posee la Base Aérea Luis F. Pinto.

## II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Diseño

Para el diseño del hardware se tuvo en cuenta la relación entre los módulos de acuerdo con el diagrama de bloques presentado en la figura 2 y los otros dispositivos que componen el prototipo.



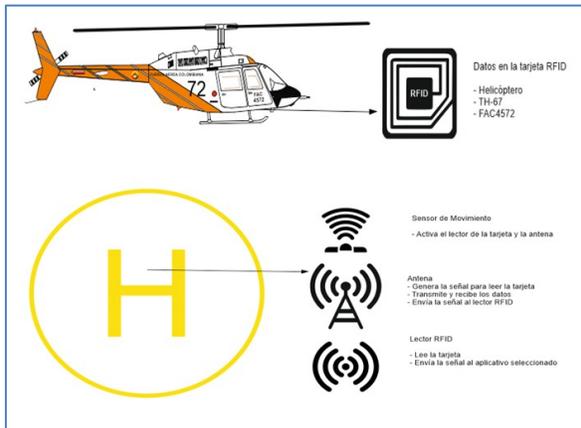
**Figura 2 Diagrama de Bloques Prototipo a Escala y Simulación**  
Fuente. Elaboración propia

El funcionamiento del sistema inicia cuando la aeronave a escala llega a un spot de parqueo, en donde se activa el sistema lector de RFID y un sensor de movimiento. Este lector, lee el UID (Unique Identification Number) [9] que está relacionado con un número de matrícula de la aeronave y que se encuentra también grabado en una tarjeta RFID. El lector, se encarga de extraer el número UID de la tarjeta, el dato es comparado con la matrícula de la aeronave a la cual fue asignada esta tarjeta, siendo verificada por el usuario final a través de una pantalla que indica que el spot se encuentra ocupado, con qué tipo de aeronave y su matrícula. Asimismo, si sale la aeronave y el spot queda vacío, el sistema indica en la pantalla que el spot se encuentra libre para ser asignado.

### B. Configuración e Implementación

Para llevar a cabo la implementación del prototipo, es necesario realizar algunas configuraciones. En ese sentido, los datos digitales son codificados e integrados a etiquetas inteligentes las cuales serán instaladas a las aeronaves a escala. Estos datos son capturados mediante un lector a través de ondas de radio sin importar la línea de vista, identificándola de acuerdo al rango de ubicación seleccionado para lo cual se apoya de en un sistema decodificador (middleware) [10].

Asimismo, los datos de identificación de la aeronave a escala se almacenan en la etiqueta y son transferidos al receptor de la señal mediante respuesta a las ondas de radiofrecuencia UHF (Ultra High Frequency) emitidas por el lector. Este lector da el rango de uso y se encuentra ubicado en cada spot de parqueo. Esta configuración, permite que el sistema permanezca activo y junto a un sensor de movimiento permite evidenciar si un el spot se ocupa o está vacío junto con el procesamiento de los datos recibidos en el momento de aterrizaje de la aeronave en el spot de parqueo para la identificación. En la figura 3, se muestran los dispositivos instalados en el spot y la aeronave.



**Figura 3 Dispositivos Instalados en el Spot y la Aeronave**  
Fuente. Elaboración propia

Adicionalmente, mediante las pantallas LCD para el prototipo a escala, el sistema permite monitorear aeronaves ubicadas en la rampa. En la figura 4 se identifica que el spot 1 se encuentra ocupado por una aeronave del tipo TH-67 con matrícula FAC4567. En el caso de que se quiera implementar el proyecto de manera real, la información enviada a las pantallas LCD se puede cambiar por un aplicativo o software que permite el monitoreo de las aeronaves que se encuentran en rampa como se muestra en la figura 4.



**Figura 4. Ejemplo Aplicativo**  
Fuente. Elaboración propia

Adicionalmente en la figura anterior, se puede observar la condición de disponibilidad de spots en la rampa de la Base Aérea Luis F. Pinto en un dispositivo como el celular o un Ipad, donde el usuario puede identificar los spots utilizados con datos tales como el número de spot, tipo de aeronave y matrícula. En el caso de no estar ocupado el sistema presenta lectura de vacío en color verde. Este aplicativo le permite a las tripulaciones y personal de apoyo en tierra, saber con exactitud y en tiempo real, la ubicación de las aeronaves en rampa con número de matrícula y a los controladores aéreos la condición de disponibilidad de spots para las aeronaves que requieren establecerse en rampa.

Físicamente se implementó una maqueta a escala de la rampa donde se parquean las aeronaves, con dos spots de parqueo como se representan en las figuras 5, 6 y 7. La figura 5 muestra el prototipo se encuentra con los spots vacíos



**Figura 5. Prototipo a escala con spots vacíos**  
Fuente. Elaboración propia

La figura 6 evidencia el prototipo con los sensores de movimiento activados



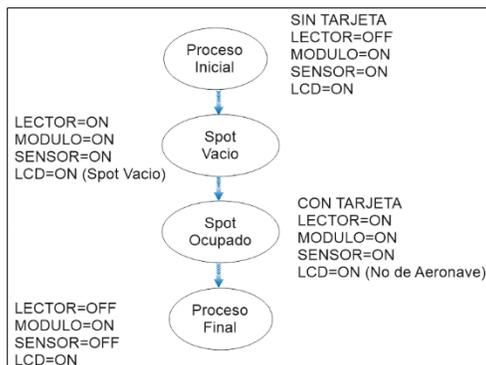
**Figura 6. Prototipo a escala con los sensores de movimiento activados**  
Fuente. Elaboración propia

En la figura 7 se presenta el prototipo leyendo los tags de las aeronaves parqueadas sobre los spots.



**Figura 7. Prototipo a escala leyendo los tags de las aeronaves sobre los spots**  
Fuente. Elaboración propia

Por otra parte, otras configuraciones que se deben realizar se hacen mediante programación, empleando el software de Arduino que básicamente programa el microcontrolador.



**Figura 8. Algoritmo de programación**  
Fuente. Elaboración propia

El software de Arduino proporciona la posibilidad de compilar el programa y grabarlo de una vez en la memoria del microcontrolador que tiene. En la figura 8 se evidencia el algoritmo configurado para programar el Arduino.

### C. Pruebas Funcionales al sistema

Las pruebas de funcionalidad de los elementos utilizados se efectuaron para corroborar que cumplan con los requerimientos previamente mencionados, garantizando la operatividad de los elementos escogidos para ensamblar el prototipo. Se realizaron pruebas a cada una de las etapas definidas en el diagrama de bloques del diseño. Cada una de estas pruebas arrojó el buen funcionamiento y la interconexión de los diferentes elementos que componen el sistema.

## III. CONCLUSIONES

- ✓ Realizando la caracterización de la tecnología de identificación por radiofrecuencia RFID, correspondiente al desarrollo del objetivo número 2, se pudo observar que es una tecnología emergente que tiene muchas aplicaciones por explorar, que ha sido usada en el sector aeronáutico y sistemas de seguridad con gran éxito. Asimismo, al comparar esta tecnología con otras similares, se evidenció que RFID utiliza un concepto simple y de bajo costo, emplea una distancia adecuada para el prototipo y no necesita línea de vista lo que la destacó para la selección para el proyecto.
- ✓ Se concluye que el uso de la tecnología RFID tiene gran aplicación en la industria aeronáutica, por ejemplo: en el inventario de almacenes, en logística y zona operativa de las unidades aéreas, entre otras. El desarrollo del proyecto permitió reconocer la importancia que tiene realizar investigación que aporte a la seguridad aérea mediante el uso de tecnología.
- ✓ Dentro del análisis realizado en el proyecto expuesto, es posible establecer que el módulo de Arduino UNO es una placa de programación económicamente accesible con respecto a otras placas, es más fácil de usar y programar frente a otros microcontroladores, la cual usa su propio

software que funciona de manera articulada con el sistema operativo Windows con una licencia, dicho software es de uso libre y es importante porque no genera sobrecostos al prototipo.

- ✓ Inicialmente se realizaron los planos del diseño con un software que no tenía licencia, y se observó que, para obtener mejores resultados, se optó por realizar los diagramas esquemáticos usando el software Proteus, el cual permite el diseño y la simulación del prototipo a escala usando un entorno virtual profesional, el cual asemeja el comportamiento de la operación real y garantiza su funcionamiento antes de implementarlo físicamente.
- ✓ Con el desarrollo del prototipo, se evidenció también, que las tarjetas RFID de tipo pasivo son económicas, duraderas, ligeras y su vida útil es bastante alta al no tener baterías para su funcionamiento, lo que hace que esta tecnología sea viable en una futura implementación.
- ✓ Se logró evidenciar que mediante el diseño un prototipo a escala, con sistema de identificación electrónica para la asignación de los puntos de parqueo en tiempo real de aeronaves, se puede mejorar el proceso de control en los procesos de parqueo, de tal forma que las dependencias encargadas de mantener el control de tráfico en la zona operativa, tripulaciones, personal de mantenimiento y apoyo logístico, pueden conocer en tiempo real, la ubicación de las aeronaves establecidas en esta área y la disponibilidad de spots de parqueo en rampa, para reducir retrasos en las salidas, establecimiento de las mismas durante las operaciones aéreas y prevenir los errores de asignación por la congestión que se presenta por el alto número de vuelos programados en cada día.
- ✓ Se concluye que actualmente existe una problemática con referencia al parqueo de las aeronaves, que surge a partir del diario vivir del CACOM 4, por tal razón, realizar un prototipo que se pueda presentar a la unidad, constituye una solución proyectable e implementable.

## AGRADECIMIENTO

Los autores presentan un agradecimiento al programa de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia que, con su aporte académico facilitaron el logro de los objetivos propuestos durante la investigación.

## REFERENCIAS

- [1] H. S. Cubillos González, Proponer un Modelo de Toma de Decisiones Basado en Eventos de Seguridad y Lecciones. Fuerza Aérea Colombiana, 2020
- [2] L. Hernández, (s.f.). Lector RFID RC522 control de acceso RFID con Arduino. [Online] Disponible: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/lector-rfid-rc522-con-arduino/>
- [3] HETPRO, (2014). Herramientas Tecnológicas Profesionales Módulo RFID-RC522 RF con Arduino UNO SPI. [Online] Disponible: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/modulo-lector-rfid-rc522-rf-con-arduino/>
- [4] V. Garcia. (2017, Nov 09). Sensor HC-SR501 con Arduino. [Online] Disponible: <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/sensor-hc-sr501-con-arduino>
- [5] Tutoriales Arduino (2017, Nov 09). Alimentar el Arduino la Guía definitiva. [Online] Disponible: <http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/AlimentarArduino.pdf>
- [6] Punto Flotante S.A, (2017). Sensor infrarrojo de movimiento PIR HC-SR501 Manual del Usuario. [Online] Disponible: <https://puntoflotante.net/MANUAL-DEL-USUARIO-SENSOR-DE-MOVIMIENTO-PIR-HC-SR501.pdf>
- [7] A. Newton, (2021, Mar 10). RFID RC522 Attendance System Using Arduino with Data Logger. [Online] Disponible: <https://how2electronics.com/rfid-rc522-attendance-system-using-arduino/>
- [8] L. Llamas, (2015, Jul 25). ¿Qué es un sensor PIR?. [Online] Disponible: <https://www.luisllamas.es/detector-de-movimiento-con-arduino-y-sensor-pir/>
- [9] A. Kamran, H. Shah & P. Kingston, (2010, Jan). RFID Applications: An Introductory and Exploratory Study. [Online] Disponible: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1002/1002.1179.pdf>
- [10] A. Jameela, A. Junaid & N. Mohamed, (2009, Jul 24). Middleware for RFID Systems: An Overview. [Online] Disponible: [https://www.researchgate.net/publication/221028927\\_Middleware\\_for\\_RFID\\_Systems\\_An\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/221028927_Middleware_for_RFID_Systems_An_Overview)