



**José David Gómez Gil**  
Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

**Edgar Leonardo Gómez Gómez**  
Centro de Estudios Aeronáuticos

# Implementation of a Centralized Remote System as a Way to Improve Aeronautical Maintenance \*

**OPEN ACCESS**

## CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)  
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 62-81

Citación: Gómez, L., Gómez, J. (2019). Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 62-81. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

### José David Gómez Gil

Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia de Sistemas y Tecnologías, estudiante de la Maestría en Administración MBA de la Universidad Pontificia Bolivariana, coordinador del Grupo de Soporte Técnico de la Regional Antioquia de la Aeronáutica Civil.  
jose.gomez@aerocivil.gov.co  
CvLAC: [http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001629\\_485](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001629_485)

### Edgar Leonardo Gómez Gómez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Proyectos en Ingeniería, Magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones con mención de honor meritoria de tesis, licencia de Ingeniero Especialista Aeronáutico. Actualmente es el Coordinador del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y Punto Focal del programa Trainair Plus del CEA ante la Organización de Aviación Civil Internacional OACI.  
edgar.gomez@aerocivil.gov.co  
CvLAC: [http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001458\\_325](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001458_325)

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

\* Reflection article derived from a project titled "Design and implementation of a centralized remote access system, for monitoring and controlling radio navigation used by the Civil Aeronautics Authority in the Antioquia Regional Division." Aeronautics research group in the Center for Aeronautical Studies (CEA) and the Administrative Unit of the Civil Aeronautics Authority.

## Abstract

This article describes the implementation process of a system to access navigation data remotely from the central airport of the Antioquia Regional Division of the Civil Aeronautics Authority. The system operates in the ATSEP (Air Traffic Safety Electronic Personnel) work terminal and allows for the efficient collection of navigation data obtained from radio air navigation aids, located in the Antioquia Regional Division. Maintaining Radio aids operating is critical for the fulfillment of the organization's mission, and for the safety of airspace users.

The problem that was found was the difficulty in accessing and managing Radio Aids, since there was no real-time connection channel with the stations in the Region. To mitigate this problem, a remote access system was designed to interconnect them to a central station. This allowed unnecessary costs to be eliminated, because there was no longer a need to send technical personnel to the radio site in the case of failure or alarm; It also allowed for constant monitoring and access to navigation systems, which can be used for maintenance and operation. Therefore, it is now possible to provide

24/7 service that guarantees effective and reliable air safety.

To achieve this, different radio links were installed. They send data to the main tower of each airport in the Regional Division. Then, the information was integrated into the Aeronautics Authority's network through network devices (Port Server and Switch) that are part of the implemented system.

The elements used for the system were recycled from previously disassembled systems from the Aeronautics Civil Authority. By using these elements, the system was implemented efficiently, optimizing costs and taking advantage of the materials available to the entity.


## Key Words:

Control, Aeronautical Maintenance, Monitoring, Radio Navigation Aids; Air Navigation Services; Air Traffic Operational Safety; Remote System.

**José David Gómez Gil**  
Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

**Edgar Leonardo Gómez Gómez**  
Centro de Estudios Aeronáuticos

# Implementação de um sistema remoto centralizado como uma melhoria para a manutenção aeronáutica\*

 OPEN ACCESS

**CIENCIA Y PODER AÉREO**

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)  
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 62-81

Citación: Gómez, L., Gómez, J., (2019). Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 62-81. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

**José David Gómez Gil**

Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia de Sistemas y Tecnologías, estudiante de la Maestría en Administración MBA de la Universidad Pontificia Bolivariana, coordinador del Grupo de Soporte Técnico de la Regional Antioquia de la Aeronáutica Civil.

[jose.gomez@aerocivil.gov.co](mailto:jose.gomez@aerocivil.gov.co)

CvLAC: [http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001629\\_485](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001629_485)

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

\* Artigo de reflexão, derivado do projeto: "Desenho e implementação de um sistema de acesso remoto centralizado, para o monitoramento e controle de radio-ajudas à navegação aérea da Aeronáutica Civil na Regional Antioquia". Grupo de pesquisa Aeronáutica do Centro de Estudos Aeronáuticos CEA e a Unidade Administrativa de Aeronáutica Civil.

## Resumo

Este artigo descreve o processo de implementação de um sistema remoto de acesso de dados de navegação, desde o Aeroporto central da Regional Antioquia da Aerocivil. O sistema opera na terminal de trabalho do pessoal ATSEP (Pessoal eletrônico para a segurança do tráfico aéreo) e permite a obtenção eficiente de dados de navegação desde as radio-ajudas à navegação aérea localizadas na Regional Antioquia. Manter as operativas é prioritário para o cumprimento da missão da Entidade e para a segurança dos usuários do espaço aéreo.

O problema apresentado era a dificuldade para o acesso e a gestão das radio-ajudas, dado que não se tinha um canal de conexão em tempo real com as estações da região. Para mitigar este problema, desenhou-se um sistema de acesso remoto para interconectá-las com uma estação central. Isto permitiu suprimir custos desnecessários, por não trasladar pessoal técnico até o lugar da radio-ajuda quando existe uma falha ou alarme; além disso, permitiu monitorar e acessar os sistemas de navegação de maneira constante para a sua manutenção e operação, e assim prestar um serviço 24/7 que garanta uma segurança aérea efetiva e confiável.

Para realizar este desenvolvimento instalaram-se diferentes radio-enlaces que transportam os dados até a torre principal de cada aeroporto dentro da Regional e depois se integrou a informação à rede da Aerocivil por meio de dispositivos de rede (Port Server y Switch) que fazem parte do sistema implementado.

Os elementos que foram usados são reutilizados de sistemas desmontados com antecedência por parte da Aerocivil; com a utilização destes elementos se conseguiu implementar o sistema de maneira eficiente, otimizando custos e aproveitando os materiais com os que conta a Entidade.


## Palavras-chave:

controle, manutenção aeronáutica, monitoramento, radio-ajudas, serviços à navegação aérea, segurança operacional do trânsito aéreo, sistema remoto.

**José David Gómez Gil**  
Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

**Edgar Leonardo Gómez Gómez**  
Centro de Estudios Aeronáuticos

# Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico\*

 OPEN ACCESS

**CIENCIA Y PODER AÉREO**

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)  
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 62-81

Citación: Gómez, L., Gómez, J., (2019). Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 62-81. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

**José David Gómez Gil**

Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia de Sistemas y Tecnologías, estudiante de la Maestría en Administración MBA de la Universidad Pontificia Bolivariana, coordinador del Grupo de Soporte Técnico de la Regional Antioquia de la Aeronáutica Civil.

[jose.gomez@aerocivil.gov.co](mailto:jose.gomez@aerocivil.gov.co)

CvLAC: [http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001629\\_485](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001629_485)

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>

**Edgar Leonardo Gómez Gómez**

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Proyectos en Ingeniería, Magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones con mención de honor meritoria de tesis, licencia de Ingeniero Especialista Aeronáutico. Actualmente es el Coordinador del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y Punto Focal del programa Trainair Plus del CEA ante la Organización de Aviación Civil Internacional OACI.

[edgar.gomez@aerocivil.gov.co](mailto:edgar.gomez@aerocivil.gov.co)

CvLAC: [http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001458\\_325](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001458_325)

\* Artículo de reflexión, derivado del proyecto: "Diseño e implementación de un sistema de acceso remoto centralizado, para el monitoreo y control de radioayudas a la navegación aérea de la Aeronáutica Civil en la Regional Antioquia". Grupo de investigación Aeronáutica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y la Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil.

## Resumen

Este artículo describe el proceso de implementación de un sistema remoto de acceso de datos de navegación, desde el Aeropuerto central de la Regional Antioquia de la Aerocivil. El sistema opera en la terminal de trabajo del personal ATSEP (Personal electrónico para la seguridad del tráfico aéreo) y permite la obtención eficiente de datos de navegación desde las radioayudas a la navegación aérea localizadas en la Regional Antioquia. Mantenerlas operativas es prioritario para el cumplimiento misional de la Entidad y para la seguridad de los usuarios del espacio aéreo.

El problema presentado, era la dificultad para el acceso y la gestión de las radioayudas, dado que no se tenía un canal de conexión en tiempo real con las estaciones de la región. Para mitigar este problema, se diseñó un sistema de acceso remoto para interconectarlas con una estación central. Esto permitió suprimir costos innecesarios, por no trasladar personal técnico hasta el lugar de la radioayuda cuando hay una falla o alarma; además permitió monitorear y acceder a los sistemas de navegación de manera constante para su mantenimiento y operación y así, prestar un servicio 24/7 que garantice una seguridad aérea efectiva y confiable.

Para llevar a cabo este desarrollo, se instalaron diferentes radioenlaces que transportan los datos hasta la torre principal de cada aeropuerto dentro de la Regional y luego se integró la información a la red de la Aerocivil por medio de dispositivos de red (Port Server y Switch) que hacen parte del sistema implementado.

Los elementos que se usaron son reutilizados de sistemas desmontados con anterioridad por parte de la Aerocivil; con la utilización de estos elementos se logró implementar el sistema de manera eficiente, optimizando costos y aprovechando los materiales con los que cuenta la Entidad.

## Palabras clave:

control, mantenimiento aeronáutico, monitoreo, radioayudas, servicios a la navegación aérea; seguridad operacional del tránsito aéreo, sistema remoto.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es\\_ES](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES).

Aprobado evaluador interno: 11/10/2019  
Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

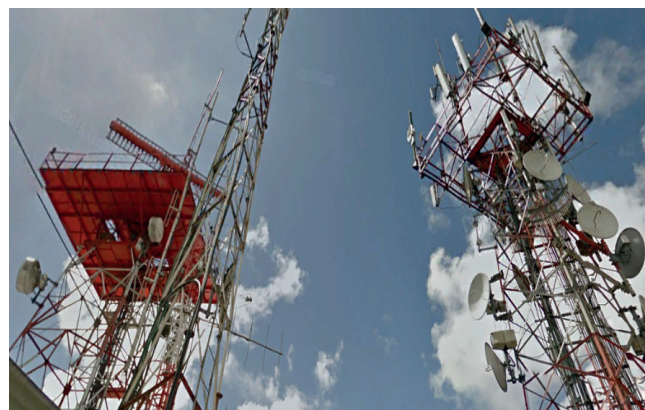
## Introducción

Los sistemas de comunicación inalámbricos son herramientas que permiten conectar dispositivos en diferentes formatos. Una de sus grandes bondades, es la posibilidad de facilitar el transporte de información a largas distancias, permitiendo el acceso en tiempo real a aplicativos desde puntos remotamente distantes.

Estas herramientas han logrado una transformación de gran importancia para la industria y han cambiado los paradigmas de la comunicación convencional basada en canales cableados, que presentaba dificultades a la hora de transportar información a largas distancias por sus altos costos de infraestructura; pasaron varias décadas para que esta forma de comunicar cambiará la visión de diferentes sectores empresariales, en especial de la Aviación Civil.

Los sistemas de comunicaciones logran integrarse a una gran red (INTERNET) que permite expandir la información de manera global sin necesidad de utilizar canales dedicados exclusivamente a una aplicación (microondas, radios de transmisión, entre otros) simplificando así el modo y los costos de transportar datos a largas distancias, posibilitando el ruteo de información a un destino determinado.

La navegación aérea por su parte, requiere en la mayoría de sus procesos el funcionamiento de sistemas de comunicaciones que permitan establecer una interacción constante entre el control de tránsito aéreo y los pilotos. Por ejemplo, parte de la infraestructura de comunicaciones usada para la prestación del servicio móvil aeronáutico son las antenas de UHF y VHF para comunicación por radio, como las que se ven en la Figura 1. La transmisión de datos de forma inalámbrica brinda la posibilidad al prestador de servicios de navegación aérea de tener visualización de datos radar, comunicaciones aeronáuticas disponibles, información de rutas y de la altura que deben mantener los pilotos en un vuelo determinado, según indiquen las cartas de navegación aérea;



**Figura 1.** Estación Aeronáutica Cerro Verde - Aerocivil. Fuente: Google Earth (2016).

además, dichos sistemas permiten que una aeronave aterrice en condiciones de baja visibilidad.

Para garantizar la efectividad y mantenibilidad de los sistemas se debe tener un acceso inmediato y constante a ellos para la visualización y el control de parámetros, consiguiendo de esta manera la prestación oportuna de los servicios, y con ello certificar un espacio aéreo seguro y confiable. (Aerocivil, 2015).

Con el propósito de encontrar una solución adecuada a las dificultades de acceso y gestión de las radioayudas que sirven como herramienta de apoyo al personal de mantenimiento para la ejecución inmediata en caso de alarma, avería o interrupción del servicio, se buscó la manera más eficiente de centralizar la información de estos sistemas. La solución consistió en diseñar e implementar un sistema de acceso remoto centralizado, utilizando los dispositivos antiguos de la Entidad con el fin de optimizar recursos y reutilizar el material que estuviera en excelente estado.

Lo novedoso de este proyecto es la estrategia administrativa que se desarrolló para el diseño e implementación del sistema remoto centralizado. En primer lugar, fue un proyecto de investigación

realizado por el personal de la Entidad. Si bien la implementación de una red digital de telemetría no es una idea nueva, generalmente un proyecto como este se suele realizar contratando con una empresa externa, lo cual resulta demasiado costoso. Los servidores públicos involucrados mejoraron sus competencias técnicas y agregaron valor a su perfil profesional.

En segundo lugar, los equipos utilizados no tuvieron que ser adquiridos, y no se incurrió en altos gastos de dinero. Eran usados para la transmisión de datos meteorológicos, en una red que debía ser actualizada, lo que obligaba a desmontarlos y darlos de baja. En lugar de enviarlos al almacén y terminar su vida útil, se pensó en reutilizarlos para esta aplicación.

Se solucionó el problema con un valor agregado, dado por el óptimo uso de los recursos, la reutilización de elementos tecnológicos y la implementación de un sistema desarrollado de manera autónoma que beneficia a la población del sector aeronáutico, que va desde el prestador de servicios hasta los usuarios. Al finalizar el proyecto, se aumentaron los niveles de seguridad operacional y se garantizó la continuidad del servicio de navegación aérea, lo que incrementó su eficiencia y abrió la posibilidad de replicar la experiencia a nivel nacional.

## Materiales y métodos

### Los servicios para la navegación aérea, sus normas y desafíos

La Aeronáutica Civil como ente regulador del espacio aéreo colombiano, sigue los lineamientos y las normas fijadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) (Aerocivil, 2019). Dentro de sus directrices se fijaron 19 anexos en los cuales la Aeronáutica Civil basa sus normas y elabora los procedimientos en materia de Seguridad Operacional. La OACI como ente regulador a nivel mundial, es quien audita los procedimientos que se emplean en los diferentes Estados y con ello se garantiza que los servicios para la navegación aérea se implementen dentro de los lineamientos y estándares mundiales

(ICAO, 2019).

### El uso de la red aeronáutica como agente para el transporte de datos

La Aeronáutica Civil cuenta con diversos medios de comunicación para el transporte de la información aeronáutica proveniente de los sistemas CNS/MET (Comunicaciones, Navegación, Vigilancia y Meteorología), con el propósito de expandir la información suficiente para la operación de un espacio aéreo seguro y confiable (Rohde y Schwarz, 2013). Como lo afirma Fontallis (2006):

La Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas del inglés Aeronautical Telecommunication Network (ATN) es una red digital de alcance global normada y recomendada por la (OACI), y se utiliza para las aplicaciones aire-tierra y tierra-tierra de las que necesita el creciente desarrollo de la aeronáutica civil internacional. Esta soporta la arquitectura de redes que permite el funcionamiento correcto como sistema único de las subredes de datos de tierra, aire-tierra y aviónica, mediante la adopción de servicios y protocolos con equipos basados en el modelo de referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos del inglés. Open Systems Interconnection (OSI).

En tal contexto la Aeronáutica Civil en Colombia ha mejorado en los últimos años la plataforma de comunicaciones para el transporte de los diversos servicios para voz y datos, tanto los aeronáuticos (VHF, RADAR, AFTN, ATS, RED WAN/LAN); como los corporativos (extensiones, correo electrónico, PAF, SIGMA, INTERNET) (ICAO, 2015). Grandes inversiones han permitido que Colombia esté a la vanguardia de la tecnología y con la capacidad necesaria para suplir las demandas actuales y futuras, con la adquisición e implementación de enlaces de microondas, satelitales y canales contratados. Todo respaldado por una red de soporte técnico conformada por el personal ATSEP, experto en cada sistema (Aerocivil, 2012).

### Las radioayudas para la navegación aérea

Son instrumentos electrónicos ubicados en tierra que emiten señales de radiofrecuencia para el control de la seguridad aérea; dichos servicios los presta la Aeronáutica Civil para el enrutamiento de aeronaves mediante arreglos de antenas como elementos de propagación al aire. La Aeronáutica Civil cuenta con seis seccionales en todo el territorio nacional, la Regional Antioquia es una de ellas y cuenta con la operatividad de tres diferentes sistemas de Radioayudas: DME (Distance Measuring Equipment), VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range), e ILS (Instrument Landing System).

El Sistema VOR, se utiliza “en los lugares y en las rutas donde la intensidad de tráfico y la poca visibilidad requieran una Radioayuda de corto alcance para la navegación instalada en tierra, para el ejercicio eficaz del control de tránsito aéreo, o donde se requiera tal ayuda para la operación segura y eficiente de las aeronaves”. Aerocivil (2016). El DME es un sistema telemétrico que le permite al piloto conocer la distancia que hay entre el aeroplano y la estación emisora de la frecuencia. Por su parte, el ILS se compone de tres subsistemas (localizador, senda de planeo y DME de aproximación), estos “son sistemas normalizados de ayudas no visuales para la aproximación y el aterrizaje de precisión de aeronaves” Aerocivil (2016). En síntesis, los sistemas



**Figura 2.** Ubicación de Radioayudas.  
Fuente: Google Earth (2016)

de Navegación Aérea son un conjunto de subsistemas que hacen parte de los procedimientos que se enmarcan en las cartas aeronáuticas para que las aeronaves puedan sobrevolar y aproximar un área determinada (International Civil Aviation Organization [ICAO], 2014).

Las Radioayudas adscritas a la Regional Antioquia, se encuentran localizadas en los departamentos de Caldas, Chocó, Córdoba y Antioquia. Estas se ubican en puntos geográficamente distantes los cuales se muestran resaltados en rojo en la Figura 2.

### El sistema de telecomunicaciones ATN Argentina como referente para este proyecto

En el quinto taller del grupo de implantación SAM de la OACI se presentó la nota de un sistema de indicación remota de radioayudas en tiempo real a través de la red de telecomunicaciones ATN Argentina (Organización de Aviación Civil Internacional [OACI], 2010). Este sistema permite monitorear el estado actual de cada radioayuda y se logra integrar mediante una misma interfaz para las radioayudas en el estado argentino. Este fue uno de los trabajos que se tomaron como modelo para la realización del desarrollo documentado de este artículo, teniendo en cuenta que había sido probado y validado por la autoridad de aviación civil internacional.

### El retorno de la inversión, mediante el uso del mantenimiento computarizado

Un aspecto fundamental que las empresas deben tomar en cuenta para un desempeño eficiente consiste en garantizar una elevada disponibilidad de los equipos, con el objetivo de evitar paradas dentro de la operación y así lograr una estabilidad en la calidad y el servicio. En la Aerocivil, los encargados de cumplir con este propósito son los Grupos de Soporte Técnico, teniendo presente disminuir el costo de su gestión como parte del valor añadido de una industria (Herrera Galan y Duany Alfonso, 2016).

La implementación de un Sistema de Acceso Remoto Centralizado para realizar un mantenimiento computarizado puede aportar beneficios, descritos por Torres (2008) como:

- Reducción de la inversión anual en mantenimiento en un 31% debido a la optimización de los recursos humanos.
- Reducción del uso anual de materiales de recambios en un 21%.
- Reducción de 9% por optimización en la compra de Materiales.
- Reducción de Inventarios en Almacén de Recambios en un 20%.
- Aumento de la eficiencia de las instalaciones en un 2%.

### Estructura y funcionamiento del mantenimiento aeronáutico

Los procesos de soporte y mantenimiento a la infraestructura aeronáutica entre ellas las radioayudas, están a cargo de la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea. De dicha Dirección se despliegan las coordinaciones de cada una de las regionales encargadas de velar por el buen funcionamiento y estabilidad de los sistemas de cada seccional (Aerocivil, 2011). En este caso en particular la Regional Antioquia es la encargada de monitorear y controlar las radioayudas para la navegación aérea de los departamentos de Caldas, Córdoba, Chocó, la zona de Urabá y el resto del territorio antioqueño.

El personal ATSEP es el encargado de asistir las radioayudas para la navegación aérea. “Entre la comunidad aeronáutica nacional e internacional, se conoce al personal ATSEP como el colectivo que realiza la gestión de tecnología y mantenimiento a la infraestructura de los sistemas CNS” OACI (2004).

En el área de soporte técnico de la regional Antioquia, se presenta la necesidad de monitorear y controlar los sistemas que se utilizan para la navegación aérea, esto con el fin de optimizar los procesos de mantenimiento y continuar la prestación del servicio de manera eficiente.

### En búsqueda de una solución para el personal de mantenimiento

Previo al desarrollo de este proyecto, el personal de mantenimiento no tenía la posibilidad de realizar una supervisión y control de los sistemas de información de las demás estaciones regionales, pues desde la terminal central de la Regional Antioquia (Aeropuerto José María Córdova de Rionegro) no contaban con un sistema que les permitiera visualizar los parámetros de funcionamiento y diagnosticar el estado de los equipos.

El personal técnico (ATSEP) especializado en los sistemas de radioayudas, se encuentra localizado en la terminal central de la Regional Antioquia. Desde dicho lugar solo se lograba recolectar la información de los reportes de fallas y anotarlos en una bitácora para gestionar una comisión de trabajo que se desplazara hasta el lugar de ubicación del sistema, donde se le permitiera al técnico designado corregir la falla. Este procedimiento en general tardaba un periodo de tiempo prolongado mientras se tramitaban los tiquetes y viáticos mediante la Dirección de Telecomunicaciones, causando mayores costos en la prestación del servicio, debido a la suspensión temporal del sistema mientras se atendía la falla y se emprendía el desplazamiento del personal designado.

Otro de los problemas que causaba la no prestación constante de algún sistema de radioayudas, es que en ocasiones los aeropuertos cuentan con estados de muy baja visibilidad por sus condiciones meteorológicas, obligando así a su cierre temporal, generando mayores costos de operación a las aerolíneas y a la misma entidad.

Los sistemas de radioayudas en Antioquia no contaban con enlaces de comunicación para llevar la información hasta el aeropuerto central, por tal motivo se buscó mejorar los procesos de mantenimiento y monitoreo de los equipos para una mayor fiabilidad y dinamismo en la prestación de los servicios aeronáuticos. Desde el grupo de soporte técnico de la regional Antioquia se trabajó en una



solución que optimiza los recursos de la Entidad mediante la reutilización de radios y antenas que hacían parte de los enlaces que transportaban datos meteorológicos. Estos fueron reemplazados por un nuevo sistema y aprovechando dichos elementos se pudo resolver la situación expuesta.

La aviación civil en la región antioqueña ha incrementado el flujo de pasajeros y de nuevas aerolíneas que han entrado en operación obligando a la prestación de un servicio de calidad y a tener una seguridad y mantenibilidad en los sistemas para la operación de vuelos. (AIRPLAN, 2016). Debido a este crecimiento y a la necesidad de prestar un servicio más eficiente, se implementó este sistema. De acuerdo con los cambios y los avances tecnológicos que viene implementando la Aerocivil en su infraestructura, quedaron a disposición elementos que se pueden reutilizar en otras aplicaciones que son esenciales para el buen funcionamiento y operatividad de los equipos.

- Reutilizar dispositivos en nuevas aplicaciones, una alternativa para solucionar el problema

De los cambios en las estaciones meteorológicas que se realizaron en el año 2015 (Sistema Electrónico de Contratación Pública [SECOP], 2015), quedaron a disposición de soporte técnico dispositivos como radios y antenas los cuales se utilizaron en este trabajo para establecer los enlaces de radio y con ello transportar la información entre los sistemas de radioayudas y un punto de acceso a la red, para luego integrarlos al sistema de acceso remoto ubicado en el aeropuerto José María Córdova de Rionegro.

El punto centralizado de monitoreo y control de radioayudas se sitúa en la sala técnica del aeropuerto de Rionegro debido a que en dicha sede se encuentra ubicado el personal ATSEP, permitiendo reducir los costos derivados de la expedición de viáticos y tiquetes aéreos para los funcionarios encargados de los sistemas. Con la prestación del sistema de gestión remota, los técnicos no requieren desplazarse hasta el sitio, a no ser que sea por un daño físico del mismo.

### Proyecto de actualización tecnológica de equipos meteorológicos

La meteorología de los aeropuertos del país (EMAS, RVR, entre otros) fueron reemplazadas en el año 2015 por nuevos sistemas, dejando a disposición de la Entidad elementos como Radios TransNet 900, Antenas directivas, Cables de RF, Conectores de RF, Protectores de Antena y Ordenadores. Dichos elementos se utilizan para el montaje de los enlaces de radio, con el fin de transportar los datos desde el sitio donde se localiza el sistema de navegación hasta el punto de red más cercano para integrar los datos y luego ser transportados hasta el punto de red central del aeropuerto de Rionegro.

### Propuesta metodológica

El presente artículo es derivado de la investigación e implementación de un desarrollo tecnológico que difiere en algunos aspectos sustanciales con los que habitualmente se trabajan proyectos investigativos.

Este es un tipo de estudio empírico y de corte experimental, dado que se analizó el problema y con ello se logró establecer qué elementos se necesitaron para la implementación del sistema. En su momento se realizaron laboratorios y ambientes de prueba para llegar a la solución más efectiva.

Entre las fuentes de recolección de datos utilizadas, se encontraron datos primarios, dado que se tuvo acceso desde la misma dependencia y que permitió extraer información oral y escrita recopilada a través de relatos y textos tales como bitácoras del sistema de gestión que emplea el personal técnico de la entidad para el seguimiento y análisis del estado de los equipos de navegación aérea.

Se utilizaron algunas fuentes secundarias para conocer más en detalle la normatividad Aeronáutica y el funcionamiento de los dispositivos de red, y los elementos recolectados en el desmonte del sistema de meteorología. Dicha información se pudo localizar mediante páginas web de fabricantes de los dispositivos electrónicos que hicieron parte del sistema.

## Resultados

### Implementación y puesta en funcionamiento del sistema de acceso remoto

El siguiente flujograma demuestra la manera en cómo se alcanzaron cada uno de los objetivos y se aprovechó como metodología de implementación durante la ejecución de todo el proyecto.

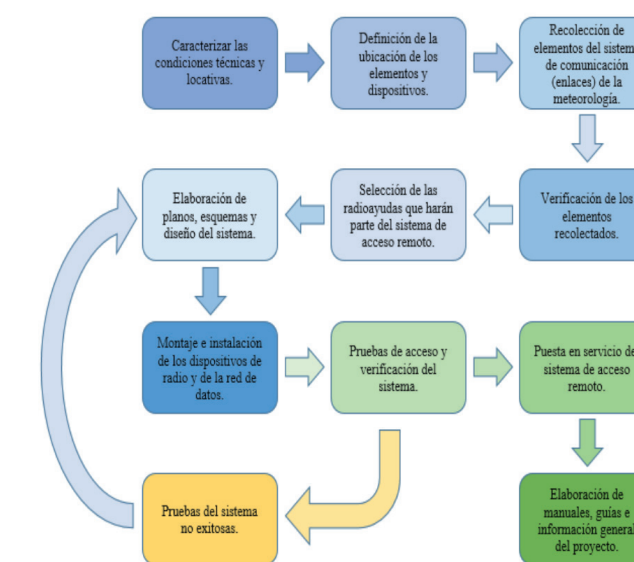


Figura 3. Flujograma de Actividades. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se explica cada una de las etapas de este proceso:

**Caracterización de las condiciones técnicas y logísticas:** es la etapa inicial del proyecto, donde se estudió la infraestructura de la sala técnica y el medio exterior para seleccionar los puntos factibles donde se ubicó el sistema; en esta etapa también se realizó la toma de medidas para la utilización de materiales como cables y canastillas, detallando las variaciones que se tuvieron que hacer para la ubicación de los diferentes elementos.

**Definición de la ubicación de los elementos y dispositivos:** se analizaron los posibles puntos de lo-

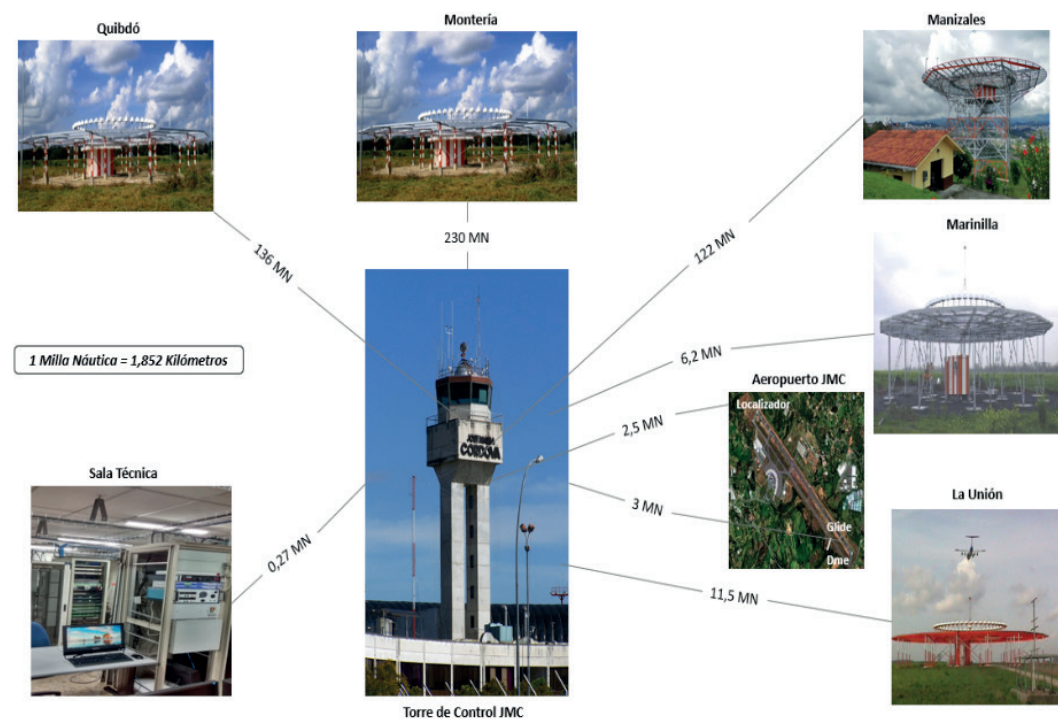


Figura 4. Ubicación de los sistemas de radioayudas. Fuente: elaboración propia.

calización de los dispositivos obtenidos en el paso anterior, con el fin de identificar la mejor ubicación de antenas y dispositivos de red. Esto facilitó la distribución y utilización de espacios para el emplazamiento de los elementos y dispositivos del sistema.

**Recolección de elementos del sistema de comunicación de meteorología:** se recolectaron elementos como antenas, radios, cables, protectores de antena y demás herramientas que quedaron del sistema de enlaces de meteorología. Dicha tarea se realizó inicialmente en el aeropuerto José María Córdoba. Los elementos recolectados en otros aeropuertos se reutilizaron en el momento de viajar a configurar el sistema, y se realizó el traslado de los dispositivos a la ubicación definida en la etapa anterior.

**Verificación de los elementos recolectados:** al recolectar los elementos, se les hizo una inspección de funcionamiento y se verificó si los dispositivos recuperados se encontraban en buen estado para su reutilización.

**Selección de las Radioayudas que harán parte del sistema de acceso remoto:** se tuvieron en cuenta los sistemas de Navegación Aérea (radioayudas) de

la regional Antioquia, cuyas condiciones geográficas son de difícil acceso por la distancia y criticidad del mantenimiento y dichos factores ayudaron a tomar la mejor decisión a la hora de distribuir y seleccionar los puntos de conexión.

**Elaboración de planos, esquemas y diseño del sistema:** se elaboraron planos, esquemas y el diseño del sistema, donde se identificaron cada uno de los análisis anteriores (elementos, ubicaciones, entre otros) que fueron de ayuda para la interpretación total del mismo y para la identificación de distancias, localizaciones de radioayudas y otros aspectos importantes para su instalación.

**Montaje e instalación de los dispositivos de radio y de la red de datos:** se instalaron los elementos y dispositivos en los puntos definidos. Esta tarea se efectuó con recursos de la Entidad, donde se contemplaron pasajes, comisiones y pagos de horas extras para los empleados, dado que en dicha etapa se debieron desplazar a cada uno de los aeropuertos y estaciones donde quedaron distribuidos los dispositivos y elementos del sistema remoto. En esta etapa se realizó la instalación de elementos como: radios, antenas, port server, cables de red, equipos de cómputo, switch, entre otros.

**Pruebas de acceso y verificación del sistema:** en esta etapa se efectuó una revisión general del sistema, con el fin de detectar posibles errores o malas conexiones que pudieran entorpecer el uso de este. La inspección se hizo de acuerdo con las pruebas de acceso a cada uno de los aplicativos de los sistemas de navegación aérea.

**Puesta en servicio del sistema de acceso remoto:** luego de haber comprobado las conexiones y los puntos de acceso inalámbrico, se puso en marcha el funcionamiento del sistema, para el uso general del personal ATSEP de la Regional Antioquia.

**Elaboración de manuales, guías e información general:** Se realizaron manuales de funcionamiento del sistema y se elaboró una guía de usuario diseñada como instructivo para detectar posibles fallas en el caso de pérdida de acceso al sistema.

Las radioayudas generalmente se localizan en diferentes puntos, geográficamente distantes; por este fenómeno se diseñó un esquema del sistema

de Integración Remota, con el propósito de calcular las distancias y así lograr determinar los puntos de localización que harían parte del proyecto. En la siguiente figura se determina la distancia geográfica que hay entre cada sistema y la torre de control central. Con esto se logra identificar la localización de los puntos y establecer las distancias de cada elemento que conforma la integración del sistema.

Como se evidencia en la Figura 4, el proyecto se llevó a cabo en la Aeronáutica civil en su sección regional Antioquia, incluyendo los aeropuertos y estaciones de Quibdó, Montería, Marinilla y Rionegro.

Para su desarrollo se tuvieron en cuenta principalmente los recursos y elementos disponibles, que en el momento de la implementación del sistema no se encontraban en uso por parte de la Entidad. En la Figura 5 se presenta el diseño que se elaboró para la implementación del Sistema Remoto Centralizado.

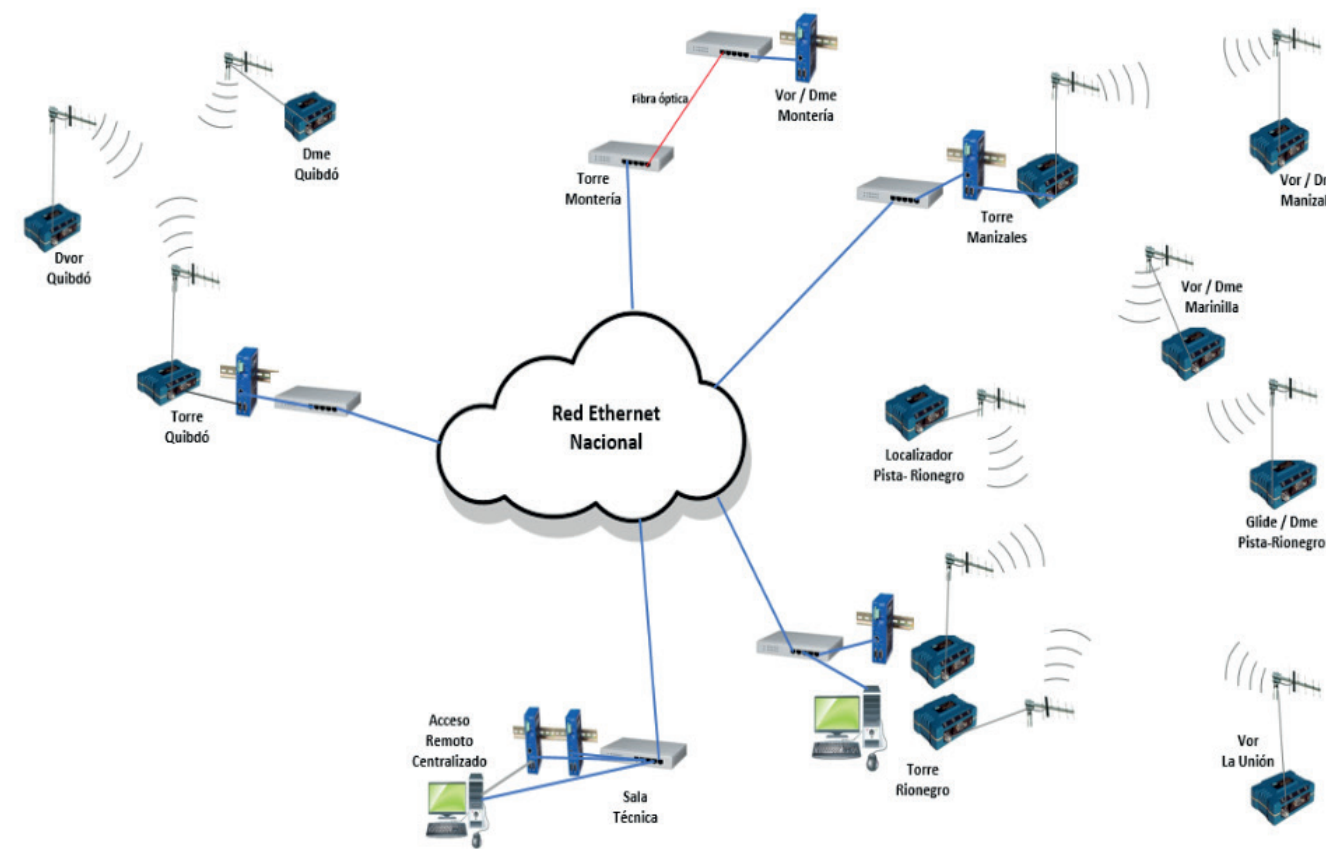


Figura 5. Diseño del sistema. Fuente: elaboración propia.

Los elementos recolectados del sistema de medición meteorológica, que se desmontaron durante la ejecución del proyecto, se reutilizaron para establecer los enlaces entre los sistemas y las torres de control de cada sitio. A continuación, se relaciona el listado de los dispositivos y elementos recolectados para tal fin.

N	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Radio MD Transnet 900	Radio Digital usado para el transporte de datos.
2	Antenas Directivas	Se usan para el enlace de datos desde las estaciones hasta la torre de control.
3	Cables RG	Se usan para la comunicación entre el radio y las antenas.
4	Protectores de antena	Utilizados para proteger los radios de posibles descargas que ingresen por la antena.
5	Fuente de voltaje	Utilizadas para la alimentación e energía de los radios MDS900.
6	Cables RS232	Se usaban en la red meteorológica para transportar datos de los sensores a los radios.
7	Computador	Usados para la visualización de los datos.

Figura 6. Lista de elementos y dispositivos. Fuente: elaboración propia.

## Localización de dispositivos en el aeropuerto

### Sala técnica aeropuerto José María Córdova

Se adecuó un puesto de trabajo en la sala técnica del Aeropuerto central, que se compone de un computador donde se instalaron los aplicativos de cada uno de los sistemas que hacen parte de las radioayu-

das de la regional Antioquia.

Se utilizó una máquina marca Lenovo con procesador Core i5, la cual se destinó como equipo principal del sistema. Desde este equipo se operan los diferentes aplicativos.

### Estación de trabajo en el cuarto de equipos, ubicado en la torre de control

En el cuarto de equipos de la torre de control del Aeropuerto José María Córdova, se destinó un RAC con el propósito de instalar los equipos necesarios, entre ellos un Port Server, Radios, Switch de antena y un ordenador que se utilizó para el acceso a los dispositivos y al sistema remoto desde la sala técnica.



Figura 7. Estación Remota, Sala Técnica, Rionegro.

Fuente: elaboración propia.

### El funcionamiento y acceso a los aplicativos de los sistemas de radioayudas

En las Figuras 8, 9, 10, 11 y 12 se muestra la captura de pantalla de los aplicativos del computador ubicado en la sala técnica del aeropuerto José María Córdova. Como se pueden evidenciar en ellas, se permite acceder a la visualización y control de los parámetros y porcentajes de modulación correspondientes a los sistemas Dvor/Dme (Marinilla), Dvor/Dme (Montería), Dvor (Cerro Gordo), Loc/Gs/Dme (Pista Aeropuerto JMC), Dvor (Quibdó) y del aeropuerto José María Córdova. Allí se puede indicar la conexión existente entre ambos enlaces y la información emitida por los sistemas.

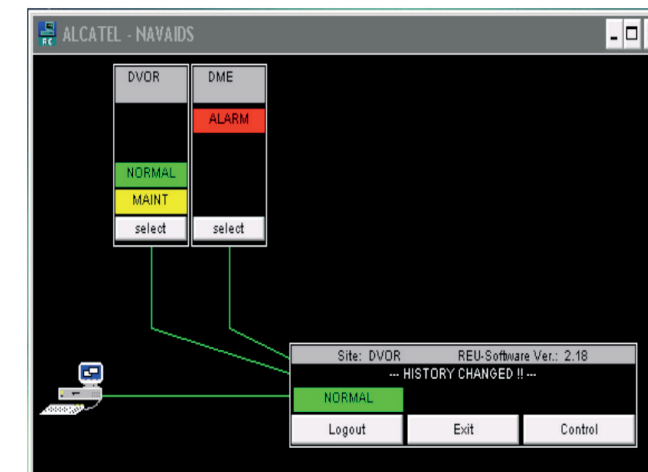


Figura 8. Aplicativo Dvor Estación de Marinilla.

Fuente: elaboración propia.



Figura 9. Aplicativo Dvor/Dme Aeropuerto los Garzones (Montería).

Fuente: elaboración propia.

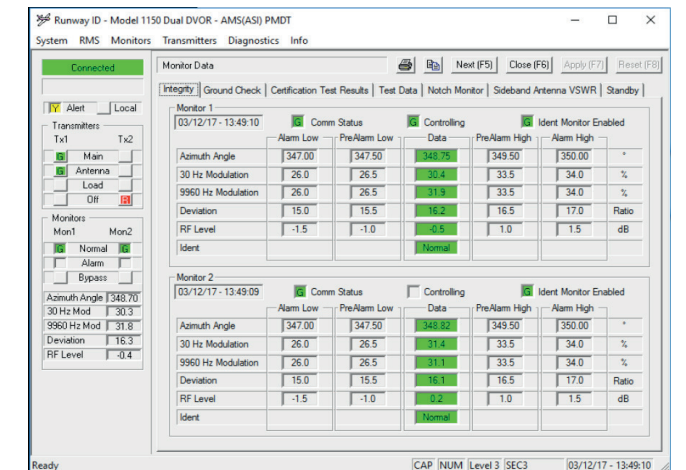


Figura 10. Aplicativo Dvor Estación Cerro Gordo (La unión).

Fuente: elaboración propia.

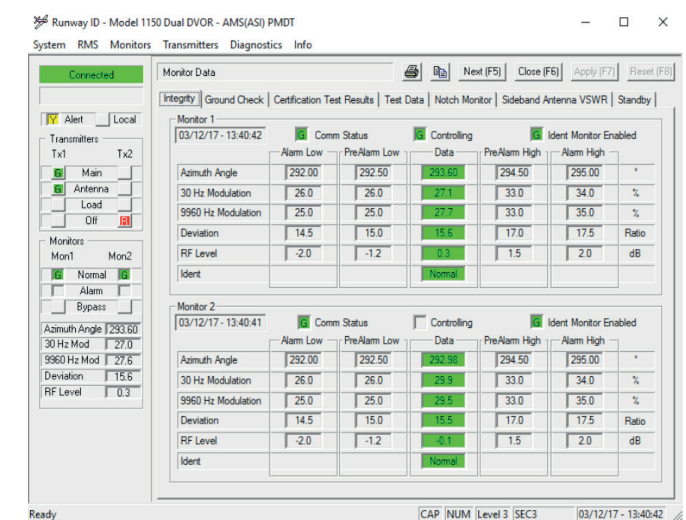


Figura 11. Aplicativo Dvor Aeropuerto el Caraña (Quibdó).

Fuente: elaboración propia.

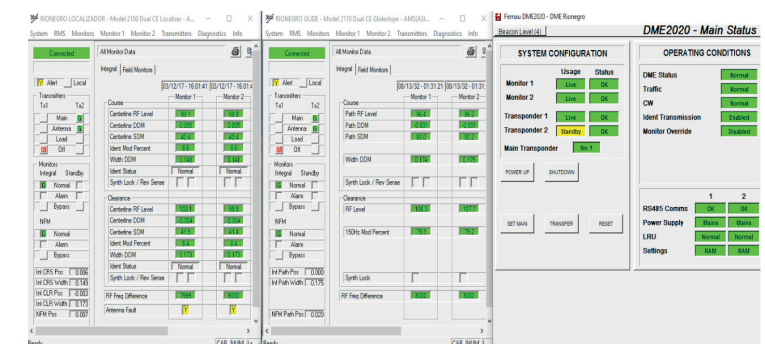


Figura 12. Aplicativos Loc/Gs/Dme Pista Aeropuerto José María Córdova (Rionegro).

Fuente: elaboración propia.



Con lo anterior, se puede apreciar la funcionalidad del sistema remoto y la integración de los diferentes aplicativos en una sola máquina. Con ello se logra acceder de manera remota a los diferentes sistemas y realizar el monitoreo, restablecimiento y modificación de parámetros de forma inmediata y en tiempo real.

## Conclusiones

En la sala técnica de la regional Antioquia de la Aeronáutica Civil, ubicada en el aeropuerto José María Córdova, Rionegro, se implementó un sistema de acceso remoto que permite acceder en tiempo real al sistema operativo de las radioayudas de la regional Antioquia.

Con el sistema implementado, se puede monitorear todo el tiempo el estado de las radioayudas, conocer inmediatamente cuando se presenta una falla, y reiniciar el sistema remotamente, lo cual puede corregir fallas menores sin la necesidad de desplazar personal técnico hasta el lugar para la realización del diagnóstico. En caso de que la criticidad de esta no permita corregir el error remotamente, los técnicos pueden conocer por medio del sistema el diagnóstico, de tal forma que el mantenimiento en el lugar se realice de una manera oportuna y eficaz.

La mejora que se dio con la implementación de la experiencia fue la eficiencia en la prestación del Servicio de Navegación Aérea para las aeronaves que sobrevuelan la regional Antioquia, puesto que ahora se tiene la posibilidad de hacer un monitoreo en tiempo real del funcionamiento de las radioayudas, y realizar un control sobre las mismas, de tal manera que se reducen los tiempos de identificación y solución de fallas producidas.

Lo anterior, aumenta los niveles de seguridad operacional y evita cierres innecesarios del espacio aéreo, los cuales afectan a usuarios del transporte aéreo y a la industria. Además, evita incurrir en gastos de desplazamiento del personal técnico que anteriormente debía hacer presencia física en la estación aeronáutica para diagnosticar y solucionar cualquier falla presentada.

Se usaron equipos que la Entidad utilizaba como red de información meteorológica, pero que, debido a un cambio de tecnología, fueron dados de baja. Se implementó este sistema sin incurrir en grandes gastos de contratación de empresas externas y equipos nuevos. El proyecto incluyó los aeropuertos y estaciones de Quibdó, Montería, Marinilla y Rionegro.

Se usaron recursos y elementos de la red de información meteorológica como radios digitales; antenas directivas; cables RG; protectores de antena; fuentes de voltaje; cables RS232 y un computador. Los tiempos de servicio ante fallas se redujeron considerablemente. Para los ILS, que se encuentran en la cabecera de las pistas, se requería de por lo menos dos horas. Para un VOR, ubicado en cerros alejados del aeropuerto requería de varias horas y hasta días. Ahora se atiende de manera inmediata desde la sala técnica de Rionegro, lo cual no toma más de algunos minutos.

El proyecto generó un alto impacto en la Entidad desde tres aspectos: en primer lugar el aspecto técnico, porque presenta mejoras que permiten realizar un monitoreo y control más eficiente de la red de radioayudas de la regional Antioquia, y otros como: reducción de costos en el mantenimiento de radioayudas; facilitación del acceso al personal técnico para el monitoreo, solución de alarmas y corrección de parámetros; reducción de los tiempos de respuesta; optimización de los recursos de la entidad para la implementación del sistema de acceso remoto; posibilidad de replicar el sistema en todos aquellos lugares del país donde la Aeronáutica Civil posee estaciones remotas.

En segundo lugar el impacto económico, debido a que no se incurrió en grandes gastos de contratación de personal, ni de insumos para la implementación del sistema debido al reaprovechamiento de equipos, y como existe la posibilidad de replicar el proyecto en las demás regionales del país, el impacto económico puede ser aún mayor. Finalmente, este proyecto fue desarrollado como un trabajo de investigación, lo que permite aumentar las com-

petencias técnicas y académicas del personal que participó, y autoriza al talento humano de la Entidad el poder contar con el conocimiento necesario para nuevas implementaciones o mejoras del sistema.

En conclusión, el proyecto implementado permite: Transportar los datos de los sistemas de radioayudas de la Regional Antioquia mediante un enlace de comunicación y la red de la Aerocivil.

- La toma de información para elaborar diagnósticos de los sistemas de radioayudas. desde el aeropuerto José María Córdova de Rionegro.
- Restablecer los sistemas de radioayudas de manera inmediata y en tiempo real.
- Acceder de manera remota a los sistemas de radioayudas por medio de los aplicativos, localizados en el computador central que se encuentra ubicado en la sala técnica del Aeropuerto José María Córdova.

El sistema planteado de gestión remota, ayuda a complementar la información requerida para el Sistema de Gestión de Mantenimiento Aeronáutico (SIGMA), al contar con herramientas de monitoreo para realizar las órdenes de trabajo y alimentar en la base de datos el estado de los equipos de manera constante y en tiempo real. De esta forma, se puede lograr reducir los tiempos de respuesta en el restablecimiento de un servicio, garantizando el sostenimiento y la mantenibilidad de los sistemas de radioayudas.

El sistema resultante, se podrá utilizar como modelo de implementación a nivel nacional, dado que en las demás regionales del país, se cuenta con la existencia de elementos derivados de los cambios hechos en los sistemas de meteorología a nivel nacional. Igualmente, es una herramienta fundamental para el seguimiento de los sistemas y realizar los planes de trabajo que ayuden a aumentar los indicadores de Gestión del Mantenimiento Aeronáutico.

## Referencias

- [1]. Aerocivil. (2011). *Guía para la gestión, atención y mantenimiento de estaciones aeronáuticas*. Recuperado de: <http://www.aerocivil.gov.co/AIS/CircSSO/Documents/CI%20050-%20V1.pdf>
- [2]. Aerocivil. (2012). *Guía reglamentaria de mantenimiento de la red de comunicaciones – enlaces – multiplexores y VHF de la U.A.E.A.C. Bogotá, Colombia: Circular técnica reglamentaria 059..*
- [3]. Aerocivil. (2015). *Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II: Instalaciones y Servicios*. Bogotá, Colombia: Aerocivil.
- [4]. (2015). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC 19*. Recuperado de: <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rreglamentacion/RAC/Paginas/Inicio.aspx>
- [5]. Aerocivil. (2019). *Página Oficial Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil*. Recuperado de: <http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil>
- [6]. AIRPLAN. (2016). *Airplan*. Recuperado de: <http://www.airplan.aero/web/page/47/Airplan-en-cifras>
- [7]. Fontallis. (2006). Propuesta de implantación de la subred VHF para la red de telecomunicaciones aeronáuticas de Cuba. *Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba*, 35-41. Recuperado de: <http://www.bb-elec.com/Products/Ethernet-Serial-Servers-Gateways/Ethernet-Serial-Device-Servers/Vlinx-ESR900-Series-Ethernet-to-Ser>
- [8]. Gómez, L., y Ortiz, J. (2012). VHF data link communications to provide air traffic services in Colombia. *31 Digital Avionics Systems Conference DASC*.

- [9].Herrera Galan, M., y Duany Alfonso, Y. (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Ingeniería Industrial*, 37(1), 2-13.
- [10].ICAO. (2014). *AAnnex 10 - Volume 1: Aeronautical Telecommunications - Radio Navigation Aids*. Montreal: International Civil Aviation Organization.
- [11].ICAO. (2015). *Annex 10 - Volume III: Aeronautical Telecommunications. Digital data communication systems*. Montreal: International Civil Aviation Organization.
- [12].ICAO. (22 de 10 de 2019). *Obtenido de International Civil Aviation Organization Website*. Recuperado de: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
- [13].OACI. (2004). *Swiss ATSEP Technical Association*. Recuperado de: [http://www.satta.ch/docs/Doc\\_7192\\_E2\\_Unedited\\_final.pdf](http://www.satta.ch/docs/Doc_7192_E2_Unedited_final.pdf)
- [14].OACI. (2010). Quinto taller/reunión del grupo de implantación Sam (Sam/ig/5) proyecto regional rla/06/901. *Sistema de indicación remota de radioayudas en tiempo real a través de la ATN*. Lima, Perú.
- [15].ORohde & Schwarz. (2013). *Technical specifications of the R&S Series4200 for VHF*. Munchen: Rohde & Schwarz.
- [16].SECOP. (2015). *SECOP*. Recuperado de: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=15-1-135950>
- [17].Torres Valle, A. (2008). Gestión de mantenimiento orientado a la seguridad. 1815-5944, 7-15

