



*Orquida Oncidium - Cauca Colombia*

*Exploración y caracterización  
de herramientas TIC para la gestión  
ambiental del Aeropuerto  
Internacional Matecaña*

**RESUMEN:**

El Aeropuerto Internacional Matecaña, localizado en la ciudad de Pereira, viene explorando alternativas que permitan mejorar su proceso de gestión ambiental, en procura de un impacto positivo de la operación aeronáutica. En esta exploración, se analizan estrategias alrededor del campo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Este documento describe la exploración y caracterización de herramientas TIC propias para la gestión ambiental y presenta conclusiones sobre cuales brindarían beneficios en esta terminal aérea.

**PALABRAS CLAVES:**

Análisis matricial, aspecto ambiental, dron, eficiencia, impacto ambiental, sistemas de información.

**CLASIFICACIÓN JEL:** D61, G14, K32, L15, P47, Q2, R4

**ABSTRACT:**

The Matecana International Airport (Pereira, Colombia) is exploring options for improving its environmental management to procure a positive impact in the aeronautic operations. Through this exploration, strategies on Information and Communication Technologies (ICT) are being analysed. The present work describes and characterises the adequate ICT tools for environmental management, and concludes on the specific benefits for the airport terminal.

**KEY WORDS:**

Matrix analysis, environmental aspect, drone, efficiency, environmental impact, information systems.

**JEL CLASSIFICATION:** D61, G14, K32, L15, P47, Q2, R4

## *Exploración y caracterización de herramientas TIC para la gestión ambiental del Aeropuerto Internacional Matecaña*

C

Juan Manuel Vásquez Correa<sup>1</sup>Luis Eduardo Peláez Valencia<sup>2</sup>

### *Exploration and characterization of ICT tools for the environmental management of the Matecaña International Airport*

Primera versión recibida el 8 de Agosto de 2017, Versión aprobada el 25 de Septiembre de 2017

Para citar este artículo: Vásquez Correa, Juan M., Peláez Valencia, Luis E. (2017). Exploración y caracterización de herramientas TIC para la gestión ambiental del Aeropuerto Internacional Matecaña. En: *Revista Gestión y Región* N° 24 (Julio-Diciembre de 2017); pp. 41-57

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha promovido los sistemas de gestión de los aeropuertos, como lo plantea Miranda (2015) al afirmar que “el transporte aéreo se realiza a través de un entramado muy complejo de actividades donde es indispensable el uso las TIC para integrar y manejar los recursos y actores que interactúan en el sistema aeropuerto” (p. 3).

Es así como la industria aeronáutica ha dirigido sus esfuerzos claves, en el contexto de las TIC, al beneficio y mejoramiento de los sistemas de seguridad aeroportuaria y seguridad operacional, especialmente en lo relacionado a la video vigilancia, geolocalización, radio ayudas, entre otros. Sin embargo, en los procesos relacionados con la gestión ambiental no ha recaído la misma responsabilidad de seguridad u operación, pues las acciones de prevención, mitigación y compensación de aspectos e impactos de interés ambiental derivados de la operación aérea no evidencian el uso y aprovechamiento de herramientas TIC.

El Aeropuerto Internacional Matecaña de Pereira (AIM) que, según estadísticas de la Aeronáutica Civil de Colombia (2017), a 31 de diciembre del año 2016, movilizaba el 69% de los pasajeros de toda la región<sup>3</sup>, no ha sido ajeno a esta situación, pues no relaciona claramente el uso de las TIC en su proceso de gestión ambiental, asociada esta al manejo e intervención de grandes áreas de territorio, coberturas vegetales, abastecimiento de agua y energía, emisiones de ruido y gases, generación de residuos y manejo de fauna silvestre, lo cual puede

<sup>1</sup> Administrador Ambiental, Especialista en Economía Pública y Gestión Territorial.

<sup>2</sup> Ingeniero en Sistemas, Magíster en Ingeniería de Software. Profesor asociado de la Universidad católica de Pereira. Facultad de ciencias básicas e ingeniería

<sup>3</sup> Región: departamentos de Risaralda, Caldas, Quindío y Norte del Valle del Cauca.

repercutir en impactos a los sistemas abióticos<sup>4</sup>, bióticos<sup>5</sup> y socioeconómicos<sup>6</sup> que lo circundan (Aeropuerto Internacional Matecaña, 2012).

Los procesos de gestión ambiental aeroportuarios deben garantizar la eficiencia en sus actuaciones, principalmente por la complejidad técnica y normativa que manejan; según Mokate (2002), la eficiencia debe ser entendida, como “la manera en que los objetivos sean realizados” (p. 4), considerando la minimización de costos o el uso adecuado u óptimo de recursos. Se debe tener en cuenta que

no todo costo necesariamente tiene que asociarse con un desembolso de dinero; no todo costo corresponde directamente a una expresión en unidades monetarias; un costo representa el desgaste o el sacrificio de un recurso, tangible o intangible. Por tanto, podría referirse al uso de tiempo, al desgaste o deterioro de un recurso ambiental o al deterioro o sacrificio de otro bien no tangible como el capital social, la solidaridad ciudadana o la confianza (Mokate, 2002, p. 5).

Enmarcados en lo anterior, se consignan algunas conclusiones resultado de la revisión del estado de la técnica y/o herramientas TIC para la gestión ambiental, que podrán ser atendidas por el AIM, con el fin de “darle un uso estratégico a la tecnología para hacer más eficaz la gestión administrativa, mejorando los procesos de planeación y gestión tecnológica, así como la gestión y aprovechamiento de la información para el análisis, toma de decisiones y el mejoramiento permanente” (MINTIC, 2016).

### **Estado de la técnica respecto a herramientas relacionadas con las TIC propias para la gestión ambiental: a manera de antecedentes**

La importancia de las actuaciones medioambientales de los aeropuertos inició en la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), con la creación del CAEP (Comité sobre la protección del medio ambiente), cuya primera reunión tuvo lugar en Montreal en 1986, y donde empezaron a considerarse como aspectos de interés ambiental las emisiones de ruido y la gestión de fauna peligrosa para la aviación (OACI, 1999).

En el contexto nacional, la gestión ambiental aeroportuaria ha estado bajo regulación de entidades como la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil - AEROCIVIL, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA,

---

4 *Sistemas abióticos: es el medio físico del área de influencia, constituido por la geología, geomorfología, hidrogeología, geotecnia, hidrología y clima (precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa, nubosidad, velocidad del viento).*

5 *Sistemas bióticos: constituido por las unidades de cobertura vegetal y la fauna silvestre presentes en el área de influencia.*

6 *Sistemas socioeconómicos: características sociales y económicas de la población asentada en el área de influencia.*

y las Corporaciones Autónomas Regionales y se ha regido por diferente normatividad, especialmente documentos expedidos por AEROCIVIL, como las guías ambientales para la construcción o ampliación de pistas, plataformas y calles de rodaje, construcción de obras menores de infraestructura aeroportuaria y operación y funcionamiento de Aeropuertos (2001), el programa nacional de limitación de fauna (2017), la guía de uso de suelos en áreas aledañas a aeropuertos (2009), y el reglamento aeronáutico de Colombia (RAC) parte 36, mediante el cual se establecen estándares de ruido. A estos se suman el Decreto 4741 de 2005 que reglamenta la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos, las Resoluciones 627 y 601 del año 2006 que establecen las normas de emisión de ruido y calidad del aire respectivamente, y la Resolución 631 de 2015 que fija límites en los vertimientos de aguas residuales. Sin embargo, este contexto ambiental en el campo aeronáutico colombiano no ha estado direccionada al uso y aprovechamiento de las TIC, razón por la cual, se hace necesario explorar y caracterizar herramientas de las TIC propias para la gestión ambiental que han sido implementadas en otros escenarios.

En el ámbito educativo, Humataca y Cáceres (2013) identificaron en aplicaciones como Google Earth y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), herramientas para la enseñanza de geografía, a partir del estudio de una problemática ambiental donde se logran obtener mapas temáticos “referidos a la distribución y asociación espacial de las actividades económicas y los asentamientos poblacionales que se ven involucrados en la problemática” (p. 153), con el fin de contribuir a la resolución de problemas espaciales.

Así mismo, la escuela Agrotécnica CEI “San Ignacio”, de Junín de los Andes, Argentina, evaluó la disponibilidad de agua de las cuencas del noroeste de la Patagonia en relación con la actividad solar, a partir de estaciones hidrometeorológicas e información de las manchas solares descargados del sitio web de la *National Geophysical Data Center*. Posteriormente, a través de *softwares* de procesamiento de datos realizaron “recomendaciones en cuanto al uso de agua en el verano y la prevención de incendios debido a la susceptibilidad de la región” (Prieto y Chrobak, 2013, p. 139).

En términos prácticos de herramientas TIC orientadas a la gestión ambiental, el Ministerio del Medio Ambiente de Chile desarrolló la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) que “permita a los usuarios efectuar visualización y descargas sobre la información geográfica y medio ambiental existente en la Geodatabase (GDB), como también acceder a la información de sistemas de información, tales como el RETC (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes), SNCA (Sistema Nacional de Calidad de Agua) y Especies” (Benítez, 2012, p.16). En esa misma línea, la Secretaría de Medio Ambiente del Departamento de Antioquia, desarrolló un sistema de información departamental medioambiental (SIDM), a través del cual garantiza la “administración de la información, la estandarización de la misma y el levantamiento de esta” (Martínez, 2015, p. 1).

En la gestión de residuos, la empresa española Teima Desenvolvimento SL, en el año 2009, desarrolló un *software* especializado que trabaja sobre los siguientes cuatro bloques: elaboración de la documentación normativa exigida en la ley de residuos, control de la trazabilidad de los residuos, logística y control de las rutas de recolección de residuos, y seguimiento comercial a los clientes. El *software* “permite el acceso inmediato desde cualquier dispositivo conectado a Internet” (Pérez, 2014, p. 5). En este aspecto, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, en trabajo conjunto con el Ministerio de Ambiente de Perú, inicio en el año 2014 el proyecto “Gallinazo Avisa” en la ciudad de Lima. Este consiste en equipar gallinazos, previamente criados y entrenados, con GPS y cámaras, con el fin de rastrear, identificar y reportar las zonas de la ciudad contaminadas por la inadecuada disposición de residuos sólidos con el objetivo de reducir la cantidad de residuos generados y garantizar su correcta disposición final (USAID, 2014).

Por otra parte, la Unión Internacional de Telecomunicaciones y el *Global E-Sustainability Initiative* (2011), reconoce que las TIC contribuyen a la adaptación al cambio climático, pues ayudan a supervisar el medioambiente a partir de satélites meteorológicos, radares meteorológicos y sistemas de ayuda basados en radiocomunicaciones, radiodifusión sonora y radiocomunicación móvil, es así como Venezuela estableció sistemas de alerta nacional que utilizan las TIC como herramienta de aviso, a partir de estaciones climáticas que promuevan el intercambio de información crítica; la Red bioclimática de Mérida “utiliza un sistema de información bioclimático basado en la web, que permite un fácil acceso a datos sin procesar de cada estación participante de la red, así como la posibilidad de envío de datos a un sitio central de acopio” (CEPAL, 2011, p. 4).

El uso de vehículos aéreos no tripulados, conocidos como drones, han tenido múltiples usos y propósitos. Según Greenwood (2016), han sido utilizados en la agricultura para la recolección de datos, que vinculados a *softwares* de procesamiento de información permiten realizar inventarios de cultivos, estimaciones de rendimiento y volumen, crear modelos de irrigación, fumigación y drenaje, generar mapas y modelos de alta definición. Así mismo, la empresa española Ecogeo (2017), especializada en el uso de Drones aplicados al medio ambiente, topografía y cartografía, reconoce que a partir del uso de esta herramienta es posible realizar control aéreo de residuos y vertimientos, elaborar planes de vigilancia ambiental, estudios de impacto ambiental, de fauna y flora.

Una última experiencia recopilada ha sido el análisis de variables de calidad del aire y ruido, en la ciudad de Sucre, Bolivia, por medio de equipos computarizados, medidores de partículas en fuentes fijas y móviles, se llevó a

cabo la determinación de los niveles de emisión de gases de combustión (CO, CO<sub>2</sub>, HC y O<sub>2</sub>), partículas en suspensión y ruido, producidos por fuentes móviles, con el fin de evaluar si dichos niveles se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la Norma Boliviana (Rodríguez, Murillo y Dorado, 2014, p. 29). Bajo la misma premisa, el Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá instaló cuatro estaciones de monitoreo de ruido continuo cerca de sus pistas Norte y Sur, esta

red opera en tiempo real, y permiten identificar los eventos acústicos de despegues y aterrizajes en las cabeceras de las pistas, confrontando los niveles de presión sonora contra la información de operaciones aéreas de llegada y salida, lo que permite asignar un nivel de ruido global del evento diferenciado por operación, tipo de aeronave y aerolínea (AEROCIVIL, 2015, p. 2).

Se evidencia entonces que el uso de herramientas relacionadas con las TIC, propias para la gestión ambiental, ha estado direccionado al uso de equipos y *softwares* para el monitoreo y análisis de información, así como al mejoramiento de procesos educativos ambientales, en la Tabla 1 se presentan las principales herramientas identificadas:

**Tabla 1.** Herramientas relacionadas con las TIC propias para la Gestión Ambiental

Equipos	Softwares
GPS	Sistema de información
Drones	Gestión de residuos
Redes o estaciones hidroclimatológicas	Plataformas virtuales
Radiocomunicaciones	
Telemedición	
Estaciones de monitoreo ruido y calidad del aire	

### **Herramientas relacionadas con las TIC: objeto de implementación en el Aeropuerto Internacional Matecaña**

Para definir herramientas relacionadas con las TIC objeto de implementación en el AIM, en la Tabla 2 se identificaron los principales aspectos e impactos de interés ambiental, así como las medidas de manejo establecidas en el Plan de Manejo Ambiental – PMA, del Aeropuerto Internacional Matecaña, pues “la clave está en pensar cuál es la tecnología apropiada, que opere como posibles respuestas a los problemas ambientales” que allí se generen (Cubero, 2016, p. 38).

**Tabla 2.** Aspectos e Impactos de Interés Ambiental y Medidas del PMA del AIM (basado en Aeropuerto Internacional Matecaña, 2012)

<b>Aspecto ambiental</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Medida establecida en el PMA</b>
Generación de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación al suelo, agua, fauna, salud.</li> <li>• Generación de vectores.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Registros de generación de residuos y manejo.</li> <li>2. Caracterización de residuos sólidos.</li> <li>3. Vigilancia al manejo adecuado.</li> </ol>
Generación aguas residuales y aguas lluvias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación al suelo, agua, salud.</li> <li>• Generación de vectores.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Inspección a sistemas de tratamiento de agua residual.</li> <li>5. Inspecciones a redes de alcantarillado.</li> <li>6. Monitoreo de calidad del agua.</li> </ol>
Consumo de recursos (agua, energía eléctrica).	Agotamiento de los recursos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Registro del volumen de consumo.</li> <li>8. Monitoreo de cloro residual.</li> <li>9. Monitoreo de calidad del agua potable.</li> </ol>
Generación de emisiones	Afectación a la salud y a la calidad del aire.	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Monitoreo calidad del aire.</li> <li>11. Modelación de calidad del aire.</li> </ol>
Generación de Ruido.	Afectación a la salud y a la calidad del aire.	<ol style="list-style-type: none"> <li>12. Vigilancia sobre el ordenamiento territorial del área de influencia directa.</li> <li>13. Modelación del ruido.</li> <li>14. Monitoreo de ruido.</li> </ol>
Uso del espacio aéreo.	Afectación a la avifauna	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Registro de acciones dirigidas al control de riesgo aviar.</li> </ol>
Uso del suelo.	Afectación del suelo, fauna y flora.	<ol style="list-style-type: none"> <li>16. Vigilancia a condiciones de taludes.</li> <li>17. Control a la vegetación.</li> <li>18. Preservación de coberturas vegetales.</li> </ol>
Administración del Plan de Manejo Ambiental		<ol style="list-style-type: none"> <li>19. Seguimiento ambiental a terceros (arrendatarios y otros usuarios del AIM).</li> <li>20. Consolidación de registros y elaboración de informes.</li> </ol>

Teniendo en cuenta las herramientas TIC identificadas en el estado de la técnica (Tabla 1), así como los aspectos e impactos de interés ambiental y medidas del PMA del AIM



(Tabla 2), se reconoce que algunas herramientas no son objeto de implementación en ese aeródromo por las siguientes consideraciones:

Equipos GPS y de radiocomunicaciones son usados en las actividades operativas del AIM; así mismo, existe una red o estación hidroclimatológica que es operada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Por su parte, instrumentos como la telemedición, *software* para gestión de residuos y plataformas virtuales, no guardan relación con las actividades desarrolladas por el área ambiental del AIM, pues el primero consiste en la instalación de puntos de medición o registro ubicados a grandes distancias en redes eléctricas, de agua o gas (Ruiz y Lorca 2013, p. 155). El segundo se enfoca en empresas que prestan los servicios de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos y el tercero en “programas orientados a la Internet que permiten la interacción entre diferentes actores que tienen un fin determinado” (Gómez, 2014, p. 2). El uso y operación de estaciones de monitoreo ruido y calidad del aire están supeditadas a laboratorios acreditados previa y periódicamente ante el IDEAM.

Así, los sistemas de información – SI, y el dron se consideran herramientas TIC que pueden ser objeto de implementación en el AIM; el primero por ser considerado un “conjunto de datos que pertenecen al mismo contexto, almacenados sistemáticamente para su posterior uso” (Longatt) que en el campo de la gestión ambiental, facilitan y apoyan la gestión de información al permitir “almacenar, documentar y controlar los impactos ambientales de los productos y servicios dentro de una compañía”. Además, “permite el registro y seguimiento de estrategias diferenciadas para relacionarse con cada grupo de interés” (Mejía, Peña y Moreno, 2012, p. 129), optimizando los procesos de búsqueda, evitando la duplicidad de información y facilitando la comparación de información histórica.

Por su parte, la segunda herramienta está sujeta a los equipos que tenga incorporados, pero se destaca su utilidad para obtener fotografías y videos de alta resolución, monitoreo y vigilancia de grandes superficies de suelo, localización de recursos naturales, entre otras; adicionalmente, permiten asociarse a *softwares* de procesamiento de información y sistemas de información geográfica para compilar imágenes y obtener ortofotomosaicos, levantamiento de mapas, recolectar información georreferenciada y detectar áreas que requieren atención (Criado, Blanco, Gómez y Galviz, 2016, p. 7).

### **Análisis matricial sobre los beneficios de las herramientas relacionadas con las TIC objeto de implementación en el Aeropuerto Internacional Matecaña.**

Con el fin de identificar los beneficios de implementar herramientas TIC en el AIM, se realizó un análisis matricial en una tabla de doble entrada. En la primera columna se analizan las 20 medidas de manejo ambiental descritas

en la Tabla 2 y en la primera fila de las siguientes columnas se establecieron como factores de análisis los posibles beneficios obtenidos por el uso de los sistemas de información – SI, y/o el dron. Según Soberanis, estas matrices “han sido ampliamente utilizadas debido a que permiten la comparación de eventos aparentemente incomparables” (2004, p. 28).

Este análisis buscó el uso estratégico de las TIC como herramienta que contribuye a la eficiencia de la gestión ambiental del AIM, considerando la minimización de costos y el uso adecuado de recursos. Los costos pueden referirse “al uso de tiempo, al desgaste o deterioro de un recurso ambiental o al deterioro o sacrificio de otro bien no tangible como el capital social, la solidaridad ciudadana o la confianza” (Mokate, 2002, p. 5).

**Tabla 3.** Análisis Matricial sobre beneficios de las Herramientas TIC Objeto de Implementación en el AIM

Medida establecida en PMA	SI	Beneficio		Impacto
		Dron		
1	Registros de generación de residuos.	√	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>SI: registro y análisis en la generación, transporte y disposición final de los residuos.</li> </ul>
2	Caracterización de residuos sólidos.	√	X	
3	Vigilancia al manejo adecuado de residuos.	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>SI: Control sobre cantidades de residuos generados, capacidad de almacenamiento y seguimiento a registros de manejo y disposición final.</li> <li>Dron: Revisar condiciones de transporte y almacenamiento al interior del aeropuerto, así como vigilar el manejo de residuos en obras; inadecuada disposición en zonas verdes o lugares indeterminados aledaños al aeropuerto que pueden ser atractivos de fauna potencialmente peligrosa para la aviación.</li> </ul>

Medida establecida en PMA		Beneficio		Impacto
4	Inspección a sistemas de tratamiento de agua residual (STAR)	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Control al comportamiento de los STAR del AIM; Verificación y registro de actividades de mantenimiento.</li> <li>• Dron: Vigilar condiciones de los canales de agua lluvia, rejillas, trampas de grasa y STAR. Identificar colmataciones, represamientos o problemas por inadecuado funcionamiento; supervisar mantenimientos.</li> </ul>
5	Inspecciones a redes.	√	√	
6	Monitoreo de agua residual.	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Registros de los parámetros analizados in situ y en laboratorio; análisis de cumplimiento normativo.</li> <li>• Dron: Supervisar jornadas de monitoreo.</li> </ul>
7 Registro volumen de consumo de agua.		√	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Documentar los índices de consumo de agua en relación al movimiento de pasajeros y evaluar estrategias de uso eficiente y ahorro de agua.</li> </ul>
8	Monitoreo de cloro residual.	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Registros de parámetros analizados in situ y en laboratorio de la calidad del agua potable; análisis de las características del suministro de agua.</li> <li>• Dron: Supervisar jornadas de monitoreo</li> </ul>
9	Monitoreo de agua potable.	√	√	
10	Monitoreo calidad del aire (NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, VOC`S, O <sub>3</sub> ).	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Registro de los resultados de laboratorio obtenidos en los monitoreos, análisis del cumplimiento normativo.</li> <li>• Dron: Supervisar jornadas de monitoreo; identificar posibles fuentes de emisiones al interior del aeropuerto a partir del seguimiento de actividades y/o vehículos.</li> </ul>
11	Modelación de calidad del aire.	√	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Registro de los resultados obtenidos en la modelación, análisis en el comportamiento histórico.</li> </ul>

Medida establecida en PMA		Beneficio		Impacto
12	Vigilancia sobre el ordenamiento territorial del área de influencia directa.	X	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drone: Inspección y seguimiento a actividades que se desarrollen anexas al aeropuerto consideradas como prohibidas (actividades productivas que se conviertan en atrayentes de fauna peligrosa, urbanización en conflicto de uso del suelo, construcción de obstáculos).</li> </ul>
13	Modelación del ruido.	√	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Registro de los resultados obtenidos en la modelación, análisis en el comportamiento histórico.</li> </ul>
14	Monitoreo de ruido (LDN, LAeq,T, LMAX, LMIN).	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Registro de los resultados de laboratorio obtenidos en los monitoreos de ruido, análisis evaluación normativa.</li> <li>• Dron: Supervisar jornadas de monitoreo, estaciones instaladas, y fuentes generadoras de ruido.</li> </ul>
15	Registro de acciones dirigidas al control de riesgo aviar.	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Registro detallado de actividades (Lugar, hora y tipo de actividad de control realizada); inventario de elementos y control a su uso (pirotecnia).</li> <li>• Dron: Identificar zonas atractivas a la fauna peligrosa, dispersar fauna a partir de la instalación de mecanismos ahuyentadores (sonidos, luces y cetrería robótica).</li> </ul>
16	Vigilancia a condiciones de taludes.	X	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dron: Seguimiento al comportamiento de los taludes y terraplenes. Procesamiento de fotografías para detectar desprendimientos, asentamientos o movimientos.</li> </ul>
17	Control a la vegetación.	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Registro periódico de actividades de mantenimiento, periodicidad y áreas intervenidas.</li> </ul>
18	Preservación de coberturas vegetales	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dron: Control y seguimiento a las labores desarrolladas en las coberturas vegetales, identificado su estado y áreas que deben ser priorizadas para mantenimiento.</li> </ul>

Medida establecida en PMA		Beneficio		Impacto
19	Seguimiento ambiental a terceros	√	√	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI: Consolidar información del manejo de residuos, vertimientos, consumo de recursos agua y de generación de emisiones dado por terceros, así como seguimiento a permisos y licencias ambientales</li> <li>• Dron: Vigilancia en zonas exteriores de sus instalaciones.</li> </ul>
20	Consolidación de registros y elaboración de informes.	√	√	Ambas herramientas permitirán consolidar la información para la elaboración de informes. El SI garantiza tener la información estandarizada, ordenada y procesada. El dron brinda soportes como videos, fotografías y análisis espacial.
<b>TOTAL</b>		18	15	Número de actividades beneficiadas por cada herramienta TIC. √: Se considera que SI tiene un beneficio. X: Se considera que NO tiene un beneficio.

## Conclusiones

Después de realizar la exploración del estado de la técnica y un análisis matricial, donde se tuvieron en cuenta las características del Aeropuerto Internacional Matecaña, se identifican dos herramientas TIC que, hipotéticamente, lograrían impactar la gestión ambiental en este terminal aéreo. Los sistemas de información es la herramienta TIC que mayores beneficios generaría a la eficiencia de la gestión ambiental, ya que impactaría positivamente 18 de 20 variables analizadas, mientras que el dron impactaría 15 de 20 variables. Es importante destacar que todas las variables analizadas podrían beneficiarse por al menos una de las herramientas TIC.

El uso de los Sistemas de Información en las actividades de gestión ambiental del AIM llevaría a la reducción de tiempos de trabajo, generados en procesos de documentación, procesamiento y análisis de información, así como en la consolidación y elaboración de informes de cumplimiento a la Autoridad Ambiental y Aeronáutica. Esta herramienta TIC, permitiría estandarizar la información y clasificarla por variable ambiental (residuo, agua, fauna, flora, uso del suelo), con el fin de brindar datos completos y oportunos que faciliten la toma de decisiones y permitan diseñar estrategias de intervención o programación de actividades. No obstante, se encuentra como limitante,

la constante actualización y suministro de datos, lo que lleva a importantes procesos de educación a los usuarios.

Por su parte, el uso de un Dron en el proceso de gestión ambiental también repercutiría en la reducción de tiempos y costos, los cuales beneficiarían ampliamente las actividades de supervisión y monitoreo de diferentes áreas, incluso aquellas de difícil acceso, logrando disminuir significativamente actividades de traslados y recorridos en el Aeropuerto y su área de influencia directa, así mismo facilitaría la captura de datos e insumos que posteriormente pueden ser procesados y analizados en procura de mejorar diversas actividades. Adicionalmente, es importante mencionar que un Dron puede tener múltiples usos en un Aeropuerto, los cuales no necesariamente van dirigidos al proceso de gestión ambiental, convirtiéndose así en una herramienta multipropósito. Cabe mencionar, que el uso de los drones en un Aeropuerto tiene limitados los periodos de vuelo, pues deben realizarse en horarios que no exista operación aérea ya que podrían constituirse en un obstáculo.

Se considera que ambas herramientas TIC tienen beneficios diferentes, razón por la cual su implementación en la gestión ambiental del AIM sería complementaria, pues permitirían de manera conjunta, evitar y minimizar la generación de impactos ambientales negativos, desarrollar mejoras en los procesos de planificación ambiental y contribuir al mejoramiento de las condiciones de competitividad del aeropuerto. Es importante mencionar que el uso de las tecnologías de la información no son solo herramientas que aplicar, sino procesos que deben desarrollarse con el paso del tiempo.

El presente artículo monográfico permite identificar que el uso de las TIC en los procesos de gestión ambiental no se encuentra ampliamente documentado, limitando la posibilidad de reconocer el verdadero uso y beneficio que trae consigo la implementación de herramientas tecnológicas en los procesos administrativos y de gestión. Por ende, se ha enmarcado el uso de estas herramientas TIC para la gestión ambiental a *softwares* y equipos de monitoreo, especialmente en el ámbito hidroclimatológico.

Se recomienda al Aeropuerto Internacional Matecaña iniciar un proceso de investigación aplicada que tome como insumo inicial este documento, elaborado en forma de artículo monográfico, con el fin de hacer de las hipótesis algo veraz por medio de casos simulados, y quizás con ellos, pasar de un escenario hipotético a uno simulado que permita diseñar estrategias que contribuyan a mejorar la eficiencia de la gestión ambiental en la entidad. Asimismo, realizar un análisis costo – beneficio del uso e implementación de las herramientas TIC en la gestión ambiental del Aeropuerto de Pereira, con el fin de evaluar su real beneficio en relación con la reducción de impactos ambientales y el aprovechamiento para los procesos de toma de decisiones. De igual manera,

identificar la posible integración en el uso de estas herramientas con otras áreas de trabajo del AIM.

## Referencias

AEROCIVIL (2015). Estaciones de Monitoreo de Aire y Ruido. *Estaciones de Monitoreo de Aire y Ruido, Aeropuerto Internacional El Dorado*. Bogotá.

AEROCIVIL (6 de febrero de 2017). *Informe de Estudios Sectoriales, Aeronáutica Civil*. Recuperado de <http://www.aerocivil.gov.co>

Aeropuerto Internacional Matecaña (2012). *Plan de Manejo Ambiental del Aeropuerto Internacional Matecaña*. Pereira.

Benítez, M. (2012). El Uso de las TIC en la Gestión Ambiental. *Seminario: Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) y el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe: Experiencias e Iniciativas de Política* (pp. 15-16). Santiago de Chile: CEPAL.

CEPAL (Marzo de 2011). Las TIC como Herramientas para la Sustentabilidad Ambiental. *Newsletter, Elac2015*, 14, 4-7.

Cubero, M. P. (2016). Sobre la aplicación de las TIC en la gestión pública ambiental: el caso de la implementación de políticas públicas sobre Información Ambiental en Argentina. *Memorias de la Décima Quinta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2016)*. San Luis: Universidad Nacional de San Luis.

Ecogeo (2017). *Ecogeo, Empresa Especializada en Servicio Drone*. Recuperado de Ecogeo: <http://www.ecogeo.es>

Gómez, G. S. (19 de Agosto de 2014). Plataformas Virtuales. Informe: Tecnologías de la Información y Comunicación Aplicadas a la Educación a Distancia, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Educación y Artes, Tabasco. Recuperado el 17 de Abril de 2017, de Galeon: <http://galeon.com/grisdania31/plataformas.pdf>

Greenwood, F. (Abril de 2016). Drones en el Horizonte: la Nueva Frontera de la Innovación Agrícola. *ICT Update*, 82. Recuperado de [http://ictupdate.cta.int/wp-content/uploads/sites/5/2016/11/ICT\\_82\\_SPA\\_LR.pdf](http://ictupdate.cta.int/wp-content/uploads/sites/5/2016/11/ICT_82_SPA_LR.pdf)

Humacata, L. M. y Cáceres, A. (2013). Implementación de Google Earth y SIG en las Clases de Geografía: Una Propuesta Didáctica para el Análisis Ambiental

del Espacio Local. *Revista Digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica*, (5), 153-163.

ITU, GeSI (2011). *Uso de las TIC para Hacer Frente al Cambio Climático*. Recuperado de [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/0B/11/T0B1100000A3301PDFS.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0B/11/T0B1100000A3301PDFS.pdf)

Longatt, F. G. (s.f.). *Introducción a los Sistemas de Información: Fundamentos*. Veracruz, México. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/artulopez/files/.../FundamentosSistemasInformacion.pdf>

Martínez Giraldo, E. C. (2015). Aplicación de Herramientas TIC en la Secretaría de Medio Ambiente para Tener Información Contextual y Convergente en el Territorio de la más Educada. Recuperado de [http://mp.antioquiatic.edu.co/index.php?option=com\\_k2&Itemid=1463&id=371\\_b3f9350013eb8b63a59cb-be9c33b0900&lang=es&task=download&view=item](http://mp.antioquiatic.edu.co/index.php?option=com_k2&Itemid=1463&id=371_b3f9350013eb8b63a59cb-be9c33b0900&lang=es&task=download&view=item).

Mejía, I. S., Peña, J. I. y Moreno, C. E. (9 de Agosto de 2012). Modelo de Sistema de Información para Apoyar la Gestión Ambiental Proactiva en PyMEs. *EAN*(73), 116-135.

MINTIC (2016). *Estrategia Gobierno en Línea*. Recuperado de Línea: <http://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co>

Miranda, P. (2015). *Gestión de los Recursos Aeroportuarios*. Trabajo de Grado, Gestión Aeronáutica, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

Mokate, K. (2002). Eficacia, Eficiencia, Equidad y Sostenibilidad: ¿Qué Queremos Decir? En Banco Interamericano de Desarrollo INDES, Diseño y Gerencia de Políticas y Programas Sociales (págs. 4, 5). INDES.

OACI (1999). *Manual Guía de Protección Ambiental para Aeropuertos*. Montreal: OACI.

Pérez, M. V. (2014). Tecnología de la Información aplicadas a la Gestión de Residuos: Plataforma Teixo y Gestoresderesiduos.org. *Congreso Nacional del Medio Ambiente, CONAMA 2014*. Madrid: Fundacion Conama.

Prieto, A. B. y Chrobak, R. (2 de febrero de 2013). Integración de TIC, Investigación y Herramientas Metacongnitivas en la Educación de Ciencias y Ambiental. Estudio de caso: disponibilidad de Agua de las Cuencas del Noroeste de Patagonia y su Relacion con la Actividad Solar. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 4(1), 132-141.



Rodríguez, A., Murillo, H. y Dorado, L. (Diciembre de 2014). Monitoreo y Evaluación de la Contaminación Atmosférica y Acústica en la Ciudad de Sucre. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, (1), 29 - 36.

Ruiz, G. O. y Lorca, J. F. (2003). Configuraciones de Redes de Telemida. *Operatividad de la Instrumentación en Aguas Subterráneas, Suelos Contaminados, y Riesgos Geológicos*, 155 - 161.

Soberanis, A. N. (2004). *Metodologías Matriciales de Evaluación Ambiental para Países en Desarrollo: Matriz de Leopold y Método MEL - ENEL*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

USAID (2014). *Gallinazo Avisa Perú*. (U. S.-U. Perú, Productor) Recuperado de <http://www.gallinazoavisa.pe>