



Modelo de Obtención de Información Predictiva Basado en Minería de Datos para la Vigilancia de la Seguridad Operacional en la Aviación Civil Boliviana

Gonzalo Tancara Cerezo
Postgrado en Informática
Universidad Mayor de San Andrés - UMSA
La Paz, Bolivia
gtancara@dgac.gob.bo

Resumen— La industria la aviación ha realizado durante el siglo XXI importantes innovaciones tecnológicas Sin embargo, este aspecto no hubiera sido posible sin el desarrollo paralelo de políticas de reducción de riesgos Por lo tanto, el Estado Plurinacional de Bolivia tiene la responsabilidad de implementar soluciones integrales que contribuyan a la reducción de riesgos basados en la vigilancia de la aviación civil.

Los datos obtenidos en las actividades de vigilancia de la aviación civil se obtienen de diferentes fuentes: operacional y aeronavegabilidad. Una parte de estos datos son obtenidos y pre procesados para obtener un formato estándar; mismos que son analizados por un algoritmo basado en minería de datos que produce un resultado en forma de patrones. Este resultado es interpretado para generar información predictiva contribuyendo de esta manera a la reducción de riesgos en la vigilancia de la aviación civil boliviana.

Recientemente, el 30 de julio de 2013 el Concejo de la Organización de Aviación Civil Internacional aprobó la primera edición del Plan de Seguridad de Aviación Global con el objetivo de estandarizar la implementación del Programa de Seguridad del Estado Boliviano.

Palabras Clave— Vigilancia; Aviación civil; Minería de datos; Bolivia

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la aviación civil se destaca por los grandes avances tecnológicos de los cuales ha sido objeto el siglo XXI. Sin embargo, este progreso no hubiera sido posible sin el desarrollo paralelo de políticas de reducción y control de riesgos en la seguridad de la aviación civil. La Organización de Aviación Civil Internacional en el documento 9734 (2006) afirma. “Considerando la gran cantidad de variables que pueden ocasionar incidentes o accidentes considerables, la industria de la aviación ha manifestado su preocupación en el desarrollo de políticas de prevención de accidentes e incidentes desde los primeros días de su incursión” [1]

El año 1947 se crea la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC); misma que, como la mayoría de las

instituciones dependientes del Órgano Estatal, tenía limitaciones en cuanto a la asignación de recursos económicos; aspecto que la limitaba en el cumplimiento de sus responsabilidades de fiscalización y vigilancia. Esta situación determinó que el año 1995, organismos internacionales como la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), y la Administración de Aviación Federal (FAA) dispusieran el cumplimiento de los estándares internacionales referidos a la seguridad operacional.

Para garantizar los resultados propuestos y dar transparencia al manejo de dichos recursos y sobre la base de los resultados y recomendaciones de la Misión de Evaluación de Vigilancia de la Seguridad Operacional, se estableció el Proyecto BOL/98/901 para el desarrollo de la Capacidad de la Vigilancia de la Seguridad Operacional con el objetivo de mejorar la competencia técnica de la DGAC a nivel nacional en materia de Vigilancia de la Seguridad Operacional.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, el Estado Plurinacional de Bolivia, a través de la Dirección General de Aeronáutica Civil, se encuentra desarrollando el cronograma de implementación del Programa de Seguridad del Estado (SSP) de acuerdo a las recomendaciones de la OACI. Dicho Programa, de manera general se basa en la optimización de la vigilancia de la seguridad operacional aplicando tres niveles secuenciales: reactivo, proactivo, y predictivo. El Estado Boliviano a mediano plazo debe ser capaz de orientar las tareas de vigilancia de la seguridad operacional de manera predictiva, anticipándose en base al análisis de resultados, a identificar aspectos que comprometan la seguridad de las operaciones de aviación civil boliviana.

Consecuentemente, surge la siguiente interrogante principal al respecto:

¿Cómo generar un modelo basado en minería de datos para la obtención de información predictiva concerniente a la seguridad operacional de la aviación civil boliviana?



III. OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

Conforme a la interrogante del planteamiento del problema, el objeto de la investigación es:

Diseñar un modelo basado en minería de datos para la obtención de información predictiva que permita optimizar la vigilancia de la seguridad operacional en la aviación civil boliviana a través de la generación de alertas tempranas.

IV. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Los datos históricos de actividades de vigilancia de seguridad en la aviación civil permitirán la identificación de patrones de comportamiento para la obtención de información predictiva basada en minería de datos.

V. ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN

Es necesario establecer relaciones de dependencia entre las características técnico-operativas de las aeronaves civiles con matrícula boliviana para generar patrones de comportamiento predictivo que optimicen la toma de decisiones en materia de seguridad en la aviación civil. Asimismo, los actores principales que gestionan los datos que conforman el objeto de estudio de la presente investigación; se encuentran distribuidos de la siguiente forma en base a la estructura organizacional de la DGAC; misma que se encuentra desarrollada íntegramente en el siguiente gráfico:



Fuente: Dirección general de Aeronáutica Civil. (2005). Manual de Organización y Funciones [2]

Los niveles reactivo, proactivo, y predictivo se obtienen secuencialmente a través de la experiencia que el sector aeronáutico adquiere en el transcurso del tiempo; es decir, inicialmente la vigilancia de la seguridad operacional se la realiza de forma reactiva condicionando las acciones correctivas a la ocurrencia de algún accidente o incidente; luego, con base en la experiencia adquirida, se comienza a obtener información en base a los datos obtenidos inicialmente desarrollando las actividades de vigilancia de la seguridad operacional proactivamente; finalmente, con base en el análisis de la información obtenida históricamente se genera conocimiento que permita optimizar la toma de decisiones en materia de seguridad de la aviación civil.

VI. PERSPECTIVA GENERAL DE LA VIGILANCIA DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL

La vigilancia de la seguridad es definida como una función a través del cual los estados garantizan la efectiva implementación de estándares y prácticas recomendadas relacionadas a la seguridad (SARPs), los procedimientos asociados contenidos en los Anexos de la Convención de Aviación Civil Internacional y los documentos de la OACI. [1]

Los Estados Contratantes de la OACI en sus actividades de establecer e implementar efectivamente la vigilancia de la seguridad operacional, necesitan considerar ciertos elementos críticos (CE). Estos elementos críticos se distribuyen de la siguiente manera [3]:

- **CE-1 Legislación.** Este aspecto se encarga de la provisión efectiva y comprensiva de leyes aeronáuticas que reflejen la situación particular de los Estados.
- **CE-2 Reglamentación de operaciones específicas.** Este aspecto se encarga de proveer reglamentación específica basada en las leyes aeronáuticas; así como el desarrollo de procedimientos estandarizados.
- **CE-3 Actividades de vigilancia de la seguridad operacional y sistemas de aviación civil.** Este aspecto se encarga de comprometer los recursos humanos y tecnológicos adecuados para efectuar las tareas de vigilancia de la seguridad.
- **CE-4 Capacitación de personal técnico.** Este aspecto se encarga de establecer los requerimientos mínimos de conocimientos y experiencia del personal técnico que desempeña las tareas de vigilancia; así como la periodicidad con la que se desarrollan los entrenamientos recurrentes.
- **CE-5 Asesoramiento técnico, herramientas, y generación de informes técnicos.** Este aspecto se encarga de establecer las directrices en base a la legislación y reglamentación aeronáutica vigente.
- **CE-6 Responsabilidad sobre licencias, certificaciones, y autorizaciones emitidas por el Estado.** Este aspecto se encarga garantizar que el personal aeronáutico que solicite la emisión de una licencia, certificación, y autorización cumpla con los requerimientos establecidos en la Ley y Reglamentación Aeronáutica Boliviana.
- **CE-7 Responsabilidad de vigilancia.** Este aspecto se encarga de la planificación y ejecución de las inspecciones realizadas a los operadores aéreos; así como de la adecuada gestión de los datos obtenidos de las mismas.
- **CE-8 Resolución en temas de seguridad.** Este aspecto se encarga del análisis y desarrollo de procedimientos que generen acciones correctivas en respuesta a deficiencias evidenciadas por el Estado Boliviano u otro Estado Contratante.

Uno de los deberes más significativos de la Autoridad de Aviación Civil (AAC) es efectuar la vigilancia a todas las Organizaciones de Aviación Civil (OAC). Debido a esto, los objetivos institucionales de la DGAC giran en torno a la vigilancia de la seguridad en todos sus campos.

La Dirección General de Aeronáutica Civil (2007) afirma en el Manual del Programa de Vigilancia. “La información generada del programa de vigilancia permite que la AAC actúe basándose en las deficiencias que afectan o que pueden tener un efecto potencial en la seguridad operacional” [4]

El programa de vigilancia tiene como componentes principales a los planes de vigilancia; mismos que son desarrollados y supervisados por cada área. La efectividad de estos planes se encuentra en función a una cuidadosa planificación y ejecución durante la realización de las actividades de inspección específicas. Por otro lado, el Manual del Programa de Vigilancia establece las siguientes cuatro fases para el desarrollo de toda actividad de inspección [4]:

- **Fase 1 Desarrollo de un plan de vigilancia.** En esta fase se determinan los tipos de inspecciones necesarias así como la frecuencia de las mismas. El desarrollo del plan de vigilancia puede estar basado en procesos rutinarios o en necesidades específicas como resultado de eventos como ser: accidentes, incidentes, u otros que puedan afectar la seguridad operacional. Asimismo, los resultados de evaluaciones previas deben ser utilizados como base para la planificación de los planes de vigilancia. En este sentido, el desarrollo del plan de vigilancia debe realizarse en base a resultados predictivos en lugar de un accionar reactivo.
- **Fase 2 Realización de las inspecciones del plan de vigilancia.** Cumplimiento del plan de vigilancia a través de la conducción de las inspecciones. Los datos de las inspecciones realizadas son gestionados actualmente por el Sistema de Vigilancia de la Seguridad Operacional; mismo que será una de las fuentes de obtención de información para la minería de datos.
- **Fase 3 Análisis de los datos de vigilancia.** Luego de que los datos de las inspecciones han sido recolectados, se debe realizar el análisis de la información obtenida. Consecuentemente, en esta fase también debe desarrollarse el análisis de la información obtenida a través de la minería de datos para determinar de manera predictiva las acciones correctivas necesarias para el tratamiento de aquellos aspectos que incumplan la RAB y por lo tanto comprometen la seguridad operacional.
- **Fase 4 Determinación de un curso de acción apropiado.** En esta fase se deben considerar los resultados obtenidos del análisis de la fase anterior

para determinar las acciones a ser tomadas por la AAC.

El Manual Guía del Inspector de Aeronavegabilidad establece los siguientes tipos de inspección a los operadores aéreos mediante los cuales se obtienen los datos técnicos que posteriormente se constituirán en la base de las predicciones generadas por el modelo basado en minería de datos. Estos tipos de inspección son [5]:

Nro.	Tipo de inspección
1	Inspección / Auditoría de AMO
2	Inspección en progreso del mantenimiento de una aeronave
3	Inspección Registros Aeronave
4	Inspección en Rampa de una Aeronave (Inferior a 5700 Kgs.)
5	Inspección en Rampa de una Aeronave Privada
6	Inspección en Rampa – Helicópteros
7	Inspección en Rampa de una Aeronave
8	Inspección Renovación Certificado de Aeronavegabilidad

Por otro lado, el Manual Guía del Inspector de Operaciones establece los siguientes tipos de inspección a los operadores aéreos [6]:

Nro.	Tipo de inspección
1	Inspección en Rampa Gran Operador 119
2	Inspección de Estación Gran Operador 119
3	Inspección de Base Gran Operador 119
4	Inspección en Ruta Gran Operador
5	Inspección en Rampa Operador Commuter
6	Inspección de Base Commuter
7	Inspección de Estación Commuter
8	Inspección en Ruta Cabina de Mando Aviación General y Commuter
9	Inspección en Rampa Pequeños Operadores
10	Inspección de Base Pequeño Operador
11	Inspección de Base Aviación Agrícola
12	Inspección de Estación Operadores 129
13	Inspección en Rampa Operadores 129
14	Inspección de Estación Gran Operador 119 (carga)
15	Inspección en Rampa Pequeños Operadores Av. Gral.
16	Inspección de Base centros de Entrenamiento de Aeronáutica Civil

VII. TÉCNICAS DE MINERÍA DE DATOS

Considerando el número de disciplinas que involucra la seguridad operacional y consecuentemente la cantidad de datos que se generan es necesaria la aplicación de técnicas que permitan organizar y gestionar la información almacenada para predecir futuros comportamientos. Consecuentemente, se adopta como técnica a la minería de datos.



Los sistemas modernos de las computadoras están acumulando datos de fuentes diversas a índices inimaginables. Estas fuentes abarcan desde máquinas en puestos de venta hasta máquinas que registran movimientos bancarios; e incluso satélites de observación de la tierra y el creciente volumen de información disponible en el internet. [7]

Una publicación de la Universidad de Carolina del Norte afirma en un artículo “El término Minería de Datos fue introducido en 1990, sin embargo la minería de datos es el resultado de la evolución de especialidades con amplia trayectoria” (p. 1). En base al análisis del artículo se puede identificar las siguientes especialidades que contribuyeron al desarrollo de la minería de datos:

Especialidad	Contribución a la minería de datos
Estadística	Establece los fundamentos básicos a los procedimientos que utiliza la minería de datos como ser: análisis de regresión, desviación estándar, intervalos de confianza, entre otros.
Inteligencia artificial	La inteligencia artificial se basa en análisis heurístico para aplicar el razonamiento humano a los procesos estadísticos
Aprendizaje de máquinas	Es la combinación del análisis estadístico e inteligencia artificial para que las máquinas tomen decisiones en base a los datos procesados.

Asimismo, de acuerdo al artículo de la Universidad de Carolina del Norte existen diferentes técnicas aplicadas a la minería de datos como ser:

Técnicas	Descripción general
Reglas de asociación	Asociación es el descubrimiento de relaciones entre los datos almacenados en una base de datos. Basado en la frecuencia de ocurrencias de un dato en un determinado evento permite determinar el porcentaje de participación del dato en un evento.
Clustering	También denominado técnica de aprendizaje no supervisada. Consiste en la división de un conjunto de datos en grupos que comparten atributos en común.
Árboles de decisión	Realizan el trabajo de clasificar datos mediante la construcción de árboles basados en experiencias existentes y hojas que implementan clases predictivas. El árbol es recorrido por cada instancia hasta encontrar la hoja correspondiente.
Redes neuronales	Se representa mediante una red de procesos o nodos interconectados. Los nodos individuales reciben como entrada

los datos de los nodos conectados y utilizan determinados valores para producir resultados.

De conformidad a las diferentes técnicas de minería de datos y las características del proceso de análisis de información concerniente a las tareas de vigilancia de la seguridad operacional en la aviación civil boliviana; el uso de árboles de decisión permitirá clasificar los datos a través de resultados obtenidos en inspecciones anteriores permitiendo la identificación de patrones de comportamiento.

REFERENCIAS

- [1] International Civil Aviation Organization, “Safety Oversight Manual Part A: The Establishment and Management of a State’s Oversight System,” International Civil Aviation Organization. Second edition, pp. 2-1, 2006.
- [2] Dirección General de Aeronáutica Civil, “Manual de Organización y Funciones,” en medio magnético, Dirección General de Aeronáutica Civil, 2005.
- [3] International Civil Aviation Organization, “Safety Oversight Manual Part A: The Establishment and Management of a State’s Oversight System,” International Civil Aviation Organization. Second edition, pp. 3-1-3-2, 2006.
- [4] Dirección General de Aeronáutica Civil, “Manual del Programa de Vigilancia,” en medio magnético, Dirección General de Aeronáutica Civil, 2007.
- [5] Dirección General de Aeronáutica Civil, “Manual del Inspector de Aeronavegabilidad,” en medio magnético, Dirección General de Aeronáutica Civil, 2003.
- [6] Dirección General de Aeronáutica Civil, “Manual del Inspector de Operaciones,” en medio magnético, Dirección General de Aeronáutica Civil, 2011.
- [7] Max Bramer, “Principles of Data Mining,” Springer. Second edition, pp. 1, 2013.