



**Vigésima Reunión del Grupo Regional de Planificación y Ejecución del Caribe y Sudamérica  
(GREPECAS/20)**

Salvador, Bahía, Brasil, 16 al 18 de noviembre de 2022

**Cuestión 2 del  
Orden del día:**

**Desarrollos Globales y Regionales**

2.3 Reporte de avances de los Programas y Proyectos

**VERIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE LAS DISCREPANCIAS EN LAS ALTITUDES DE LOS  
OBSTÁCULOS MEDIANTE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN**

(Presentada por Brasil)

**RESUMEN EJECUTIVO**

Un obstáculo es cualquier objeto (mástiles, torres, edificios, postes, antenas, etc.) cuyas alturas pueden afectar a la operatividad de un aeródromo, al procedimiento de navegación aérea o a la ayuda a la navegación aérea. Se observa que el Mando Aeronáutico recibe un número considerable de incoherencias altimétricas de obstáculos verticales, lo que aumenta el riesgo de errores importantes en sus productos cartográficos. Frente a este escenario, se desarrolló una metodología para identificar automáticamente las anomalías altimétricas de los objetos recibidos por la Fuerza Aérea Brasileña utilizando técnicas de geoprocésamiento con Modelos Digitales de Elevación (MDE). Se utilizaron datos que cubren todo el país, y todos los modelos digitales de elevación están disponibles gratuitamente.

<b>Acción</b>	Las acciones sugeridas son presentadas en la Sección 4.
<i>Objetivos Estratégicos:</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seguridad Operacional</li><li>• Capacidad y eficiencias de la Navegación Aérea.</li></ul>
<i>Referencias:</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anexo 14 - Aeródromos</li><li>• Doc 10066 - PANS-AIM</li></ul>

**1 Introducción**

1.1 La seguridad operativa de los procedimientos de las aeronaves en las proximidades de un aeródromo es una cuestión crítica de gran importancia en las operaciones aéreas. La correcta identificación de los obstáculos y la verificación de sus altitudes, especialmente en torno a los aeropuertos, es vital para garantizar la seguridad operativa del vuelo, el despegue y el aterrizaje en los vuelos visuales y por instrumentos.

1.2 Actualmente, el Instituto de Cartografía Aeronáutica (ICA) es responsable de recopilar en su base de datos los obstáculos de todo el territorio brasileño que han recibido la aprobación de sus respectivos Centros de Control de Tráfico Aéreo (CCT). Un obstáculo puede definirse como un objeto (edificio, torre, poste, antena, etc.) cuyas dimensiones se proyectan en el espacio aéreo y pueden interferir con el funcionamiento de un aeródromo, las ayudas a la navegación o el procedimiento de navegación. Según la Instrucción del Mando Aeronáutico (ICA) 11-3 (Procesos del Área de Aeródromo (AGA) dependiente del Mando Aeronáutico (COMAER), el envío de la información de obstáculos al ATCC es una obligación del profesional que generó la Anotación de Responsabilidad Técnica (ART) o el Registro de Responsabilidad Técnica (RRT), es decir, datos como las altitudes de los obstáculos deben ser medidos por profesionales cualificados.

1.3 Las estructuras verticales son fundamentales para producir diferentes tipos de cartas aeronáuticas y para elaborar procedimientos de navegación aérea en ICA. Por lo tanto, datos como las altitudes de los obstáculos influyen directamente en la seguridad operativa de la navegación aérea. Por ejemplo, una altitud de obstáculo sobrestimada puede restringir un procedimiento aéreo en zonas críticas. A pesar de los requisitos de calificación técnica, se observa que el ICA recibe una cantidad considerable de información con grandes discrepancias en los valores de altitud, lo que aumenta el riesgo de que se produzcan errores importantes en los productos del Instituto.

1.4 Teniendo en cuenta lo anterior, con el fin de mitigar los errores en las altitudes de los obstáculos en los productos ICA, los especialistas en cartografía aeronáutica se encargan de realizar las comprobaciones altimétricas mediante una rutina automatizada utilizando la aplicación Model Builder del software ArcGIS. ArcGIS es una tecnología de Sistema de Información Geográfica (GIS) que proporciona herramientas para extraer, visualizar, editar, gestionar, analizar y compartir datos espaciales.

## 2 Discusión

2.1 La rutina construida permite comparar las altitudes de los obstáculos con las elevaciones de diferentes tipos de Modelos Digitales de Elevación (MDE) libres, a nivel nacional (Figura 1). Los MDE utilizados en el flujo de trabajo son los siguientes:

- a) Satélite avanzado de observación terrestre (ALOS) Radar de apertura sintética de banda L tipo Matriz en fase - ALOS PALSAR (Instalación satelital de Alaska - ASF, resolución espacial: 12,5 metros). Disponible en <https://search.asf.alaska.edu/>;
- b) ALOS World 3D - AW3D 30 (Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón – JAXA, resolución espacial: 30 metros), Disponible en [https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d30/aw3d30\\_e.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d30/aw3d30_e.htm);
- c) Misión de Topografía de Radar de Transbordador - SRTM (Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio – NASA, resolución espacial: 30 metros). Disponible en <http://earthexplorer.usgs.gov/>; e
- d) TerraSAR-X Complemento para medición de elevación digital - TanDEM-X (Centro de observación de la Tierra – EOC – Resolución espacial alemana: 90 metros). Disponible en <https://download.geoservice.dlr.de/TDM90/>.

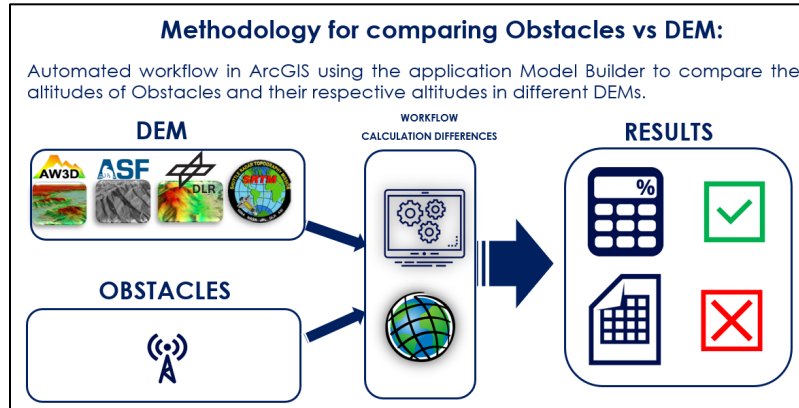


Figura 1 - Metodología de Verificación de Obstáculos Altimétricos

2.2 En el presente estudio se utilizaron MDE gratuitos disponibles a nivel mundial, sin embargo, la misma rutina puede utilizarse con conjuntos de datos de terreno y obstáculos o MDE más precisos según la disponibilidad de cada región.

2.3 A través de herramientas de geoprocetamiento como Extraer valores múltiples a puntos, es posible extraer simultáneamente las altitudes de cuatro (4) MDE libres de todo el territorio nacional. Tras recoger las altitudes de los MDE, se calculan las diferencias entre la elevación del obstáculo y las respectivas elevaciones en los MDE. Posteriormente, mediante el Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL), se identifican los puntos que tienen, por ejemplo, una altitud con una diferencia superior a 100 metros para las altitudes de los cuatro MDE, y se clasifican los obstáculos como dudosos. La figura 2 representa un obstáculo (representado tridimensionalmente en rojo) encontrado en la ciudad de Río de Janeiro (Brasil) que fue identificado como dudoso por el flujo de trabajo. La tabla de atributos almacena la altitud de los obstáculos recibida por ICA, las altitudes extraídas de los MDE (AW3D, SRTM, ALOS y TanDEM) y el cálculo de las diferencias entre la elevación de los obstáculos y sus respectivas altitudes en los MDE. De este modo, las incoherencias se encuentran de forma ágil y automatizada.

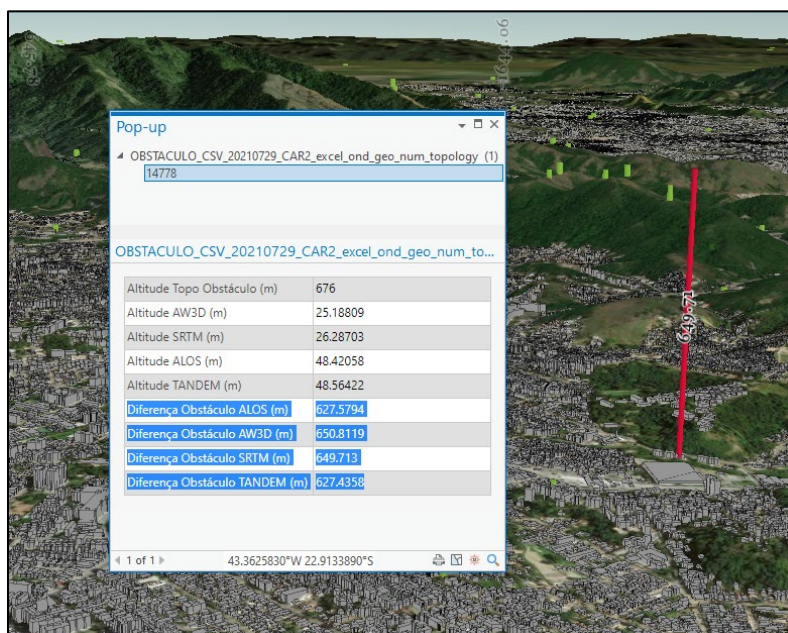


Figura 2 - Obstáculo dudoso encontrado en la Ciudad de Rio de Janeiro (Brasil). El obstáculo se muestra en tres dimensiones con la altitud recibida por el ICA.

2.4 Como resultado de la rutina, es posible clasificar los obstáculos como dudosos. En menos de 30 minutos se pueden analizar y clasificar más de 60.000 obstáculos. Tras la clasificación, los obstáculos de altura dudosa se analizan por separado y los resultados pueden compartirse con el ATCC correspondiente.

### **3 Conclusión**

3.1 De este modo, los obstáculos dudosos pueden identificarse automáticamente mediante el flujo de trabajo automatizado, aumentando la fiabilidad de los productos ICA y, en consecuencia, la seguridad operativa de la navegación aérea. La rutina desarrollada reduce considerablemente la posibilidad de que se produzcan errores humanos, aumenta la velocidad de validación de los obstáculos y reduce el coste en horas de trabajo para realizar la actividad.

### **4 Acciones sugeridas**

4.1 La Reunión es invitada a:

- a) tomar nota de las posibilidades de utilización de los MDE libres en la cartografía aeronáutica;
- b) considerar que el control de calidad de los datos es crucial para los productos aeronáuticos; y
- c) reconocer que la información precisa sobre la elevación de las características aeronáuticas es esencial para la seguridad operativa de la navegación aérea.