



## Diseño y análisis del impacto de las superficies limitadoras de obstáculos del aeródromo Marco Fidel Suárez en la infraestructura urbana de Santiago de Cali

Haiber Eduardo Ardila Rincón<sup>1</sup> y Mauricio Andrés Arias Martínez<sup>2</sup>

### RESUMEN

El presente artículo tiene como finalidad vislumbrar el impacto de las superficies limitadoras de obstáculos del aeródromo Marco Fidel Suárez en la infraestructura urbana de Santiago de Cali, partiendo desde su diseño e incorporando su dimensionamiento planimétrico y altimétrico dentro de un flujo de análisis dinámico el cual, en conjunto con la información topográfica y catastral de la zona de estudio, permitirá tener una visión clara de cómo afectan dichas superficies a la infraestructura circundante y a su vez determinar las alturas máximas que podrán ser construidas las futuras edificaciones que se encuentren dentro de su área de influencia.

**PALABRAS CLAVE:** Superficies Limitadoras de Obstáculos, modelo digital de terreno, sistemas de información geográfica, aeródromo, obstáculo.

### ABSTRACT

The purpose of this article is to glimpse the impact of the obstacle limitation surfaces of the Marco Fidel Suárez aerodrome on the urban infrastructure of Santiago de Cali, starting from its design and incorporating its planimetric and altimetric dimensioning within a flow of dynamic analysis which, together with the topographical and cadastral information of the study area, will allow a clear vision of how these surfaces affect the surrounding infrastructure and, in turn, determine the maximum heights that may be built for future buildings that are within its area of influence.

**KEYWORDS:** Obstacle Limitation Surfaces, digital terrain model, geographic information systems, aerodrome, obstacle.

1 Ingeniero Civil, Escuela de Ingenieros Militares. Bogotá, Colombia. eduardoardilacartografia@gmail.com

2 Ingeniero Civil, Escuela de Ingenieros Militares. Bogotá, Colombia. mauro\_0720@hotmail.com

## Introducción

Las superficies limitadoras de obstáculos (SLO) son un componente intrínseco del diseño y construcción de aeródromos en cualquier parte del mundo; estas tienen como finalidad el limitar los obstáculos naturales o artificiales circundantes a un aeródromo con el fin de garantizar el correcto y seguro desarrollo de las operaciones aéreas dentro del mismo. Sin embargo, las SLO son áreas imaginarias y en la mayoría de ocasiones no son contempladas dentro del desarrollo urbanístico de las entidades territoriales; debido a esto, dentro del panorama nacional es muy común encontrar aeródromos que son circundados por edificaciones en forma parcial o total y al no ser contemplada la normatividad aeronáutica dentro de los planes de ordenamiento territorial [1], esto deriva en conflictos de nivel institucional orientados a determinar si prevalece el desarrollo urbanístico en cabeza de las curadurías o la seguridad en las operaciones aéreas que está a cargo de la autoridad aeronáutica de aviación de estado [2].

En concordancia con lo anterior, la presente investigación orientó sus esfuerzos hacia el diseño y la determinación del impacto de las SLO del aeródromo Marco Fidel Suárez dentro del casco urbano de la ciudad de Santiago de Cali. De esta forma podremos establecer de manera fehaciente el grado de afectación en materia de infraestructura urbana ante la presencia de un aeródromo localizado dentro del casco urbano de la ciudad, lo que a su vez proporcionará información de valor para las entidades estatales para una adecuada planeación y desarrollo de proyectos de infraestructura que generen un beneficio económico y social para la población sin generar una afectación al desarrollo de las operaciones aéreas del aeródromo Marco Fidel Suárez.

## Desarrollo teórico

Como se vislumbra en el apartado anterior el concepto principal de la presente investigación son las superficies limitadoras de obstáculos, cuyo génesis está consagrada en documentos técnicos como el documento 9137 o el anexo 14, ambos generados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), considerada como la institución más importante en materia de reglamentación para todos los componentes involucrados dentro de la aviación.

Según la OACI en su documento 9137 [3] las SLO son áreas imaginarias diseñadas a partir de las características físicas de un aeródromo y que tienen como finalidad principal el restringir y/o eliminar obstáculos para la navegación aérea en las inmediaciones del mismo, dicho concepto también puede ser encontrado en el decreto 410 de 1971 donde se denominan las SLO como "Superficies de despeje" [4].

Así mismo, los obstáculos para la navegación aérea están definidos como:

- Todo objeto fijo (ya sea temporal o permanente) o móvil, o partes del mismo, que:
- Esté situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en la superficie; o

sobresalga de una superficie definida destinada a proteger las aeronaves en vuelo; o esté fuera de las superficies definidas y sea considerado como un peligro para la navegación aérea.

Adicional a lo anterior, para poder proceder con el análisis y diseño de los componentes técnicos de la investigación haremos uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de manera concreta del software ArcGIS para la catalogación, modificación y generación de información geográfica y numérica de valor [5], orientada a diseñar y evaluar el impacto de las SLO sobre el casco urbano de Santiago de Cali.

## Desarrollo técnico

La presente investigación fue diseñada de tal modo que la recolección de información, sus diferentes fuentes y los flujos de trabajo de trabajo subsecuentes, fueran de acceso público, digital y de repositorios de instituciones oficiales, esto con el fin de garantizar la calidad de los datos utilizados como insumo y a su vez para proporcionar resultados con un alto grado de fiabilidad técnica.

De acuerdo a lo anterior, y de manera general, podemos definir la investigación como de tipo documental y epistemológicamente hablando, podemos catalogar el abordaje del contenido desde un punto de vista explicativo. [6]

Para un desarrollo correcto de la investigación, se estableció un flujo de trabajo dividido de forma general en 3 fases (preparación de la información, análisis y publicación) las cuales a su vez están comprendidas por distintas etapas con el fin de establecer "hitos" durante la investigación y de esta forma avanzar en la misma de manera secuenciada.

### ***Fase de preparación de la información:***

En esta fase inicial se contemplan las actividades de acceso a las diversas fuentes de información, como el repositorio de modelos digitales de elevación de la NASA, de donde se extrajo el modelo digital de elevación (con resolución de 30 metros) para el área de interés y el geoportal de la Alcaldía de Santiago de Cali de donde se obtuvo la capa vectorial con las manzanas catastrales de la ciudad. Seguido a esto se procede al diseño de las SLO del aeródromo Marco Fidel Suárez, donde se contemplan variables como la elevación, la temperatura y la pendiente del aeródromo; para el caso de la elevación y pendiente se extrajeron las cotas mediante el software Google Earth y para la temperatura se extrajo el valor de la temperatura promedio de los datos climatológicos de Cali proporcionados en el portal web del IDEAM.

Siguiendo con el flujo de trabajo el diseño de las SLO, se realiza mediante la adopción de los criterios técnicos adoptados por la OACI en su Anexo 14 en donde se estipula que el aeródromo de acuerdo a su clave de referencia (3) y tipo de aproximación (de no precisión) posee 4 tipos de superficies limitadoras de obstáculos: Cónica,

con una pendiente de 5% y altura de 75m, horizontal, con altura de 45m y un radio de 4000m, de transición, con una pendiente de 14,3% y finalmente, una superficie de aproximación subdividida en 3 secciones, en su primera sección una longitud de 3000m con una pendiente de 2%, en su segunda sección con una longitud de 3600m con una pendiente de 2,5% y en su sección horizontal con una longitud de 8400m. Adicionalmente de forma general la superficie de aproximación posee una longitud del borde interior de 280m, una distancia al umbral de 60m y una divergencia de 15%. [7].

**Tabla 1.** Coeficientes Aa y Av según zonificación de amenaza sísmica

| Superficies y dimensiones <sup>a</sup>       | CLASIFICACIÓN DE LAS PISTAS |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
|--|-----------------------------|---------|---------|---------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
|  | Aproximación visual         |         |         |         | Aproximación que no sea de precisión |                      |                      | Aproximación de precisión |                      |                      |
|  | Número de clave             |         |         |         | Número de clave                      |                      |                      | Categoría I               |                      | Categoría II o III   |
| (1)  | 2                           | 3       | 4       | 1,2     | 3                                    | 4                    | 1,2                  | 3,4                       | 3,4                  | (11)                 |
| (2)  | (3)                         | (4)     | (5)     | (6)     | (7)                                  | (8)                  | (9)                  | (10)                      | (11)                 | (11)                 |
| <b>CÓNICA</b>                                |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Pendiente                                    | 5%                          | 5%      | 5%      | 5%      | 5%                                   | 5%                   | 5%                   | 5%                        | 5%                   | 5%                   |
| Altura                                       | 35 m                        | 55 m    | 75 m    | 100 m   | 60 m                                 | 75 m                 | 100 m                | 60 m                      | 100 m                | 100 m                |
| <b>HORIZONTAL INTERNA</b>                    |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Altura                                       | 45 m                        | 45 m    | 45 m    | 45 m    | 45 m                                 | 45 m                 | 45 m                 | 45 m                      | 45 m                 | 45 m                 |
| Radio  | 2 000 m                     | 2 500 m | 4 000 m | 4 000 m | 3 500 m                              | 4 000 m              | 4 000 m              | 3 500 m                   | 4 000 m              | 4 000 m              |
| <b>APROXIMACIÓN INTERNA</b>                  |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Anchura                                      | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | 90 m                      | 120 m <sup>e</sup>   | 120 m <sup>e</sup>   |
| Distancia desde el umbral                    | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | 60 m                      | 60 m                 | 60 m                 |
| Longitud                                     | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | 900 m                     | 900 m                | 900 m                |
| Pendiente                                    | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | 2,5%                      | 2%                   | 2%                   |
| <b>APROXIMACIÓN</b>                          |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Longitud del borde interior                  | 60 m                        | 80 m    | 150 m   | 150 m   | 140 m                                | 280 m                | 280 m                | 140 m                     | 280 m                | 280 m                |
| Distancia desde el umbral                    | 30 m                        | 60 m    | 60 m    | 60 m    | 60 m                                 | 60 m                 | 60 m                 | 60 m                      | 60 m                 | 60 m                 |
| Divergencia (a cada lado)                    | 10%                         | 10%     | 10%     | 10%     | 15%                                  | 15%                  | 15%                  | 15%                       | 15%                  | 15%                  |
| <b>Primera sección</b>                       |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Longitud                                     | 1 600 m                     | 2 500 m | 3 000 m | 3 000 m | 2 500 m                              | 3 000 m              | 3 000 m              | 3 000 m                   | 3 000 m              | 3 000 m              |
| Pendiente                                    | 5%                          | 4%      | 3,33%   | 2,5%    | 3,33%                                | 2%                   | 2%                   | 2,5%                      | 2%                   | 2%                   |
| <b>Segunda sección</b>                       |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Longitud                                     | —                           | —       | —       | —       | —                                    | 3 600 m <sup>b</sup> | 3 600 m <sup>b</sup> | 12 000 m                  | 3 600 m <sup>b</sup> | 3 600 m <sup>b</sup> |
| Pendiente                                    | —                           | —       | —       | —       | —                                    | 2,5%                 | 2,5%                 | 3%                        | 2,5%                 | 2,5%                 |
| <b>Sección horizontal</b>                    |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Longitud                                     | —                           | —       | —       | —       | —                                    | 8 400 m <sup>b</sup> | 8 400 m <sup>b</sup> | —                         | 8 400 m <sup>b</sup> | 8 400 m <sup>b</sup> |
| Longitud total                               | —                           | —       | —       | —       | —                                    | 15 000 m             | 15 000 m             | 15 000 m                  | 15 000 m             | 15 000 m             |
| <b>DE TRANSICIÓN</b>                         |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Pendiente                                    | 20%                         | 20%     | 14,3%   | 14,3%   | 20%                                  | 14,3%                | 14,3%                | 14,3%                     | 14,3%                | 14,3%                |
| <b>DE TRANSICIÓN INTERNA</b>                 |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Pendiente                                    | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | 40%                       | 33,3%                | 33,3%                |
| <b>SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUPTIDO</b> |                             |         |         |         |                                      |                      |                      |                           |                      |                      |
| Longitud del borde interior                  | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | 90 m                      | 120 m <sup>e</sup>   | 120 m <sup>e</sup>   |
| Distancia desde el umbral                    | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | —                         | 1 800 m <sup>d</sup> | 1 800 m <sup>d</sup> |
| Divergencia (a cada lado)                    | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | 10%                       | 10%                  | 10%                  |
| Pendiente                                    | —                           | —       | —       | —       | —                                    | —                    | —                    | 4%                        | 3,33%                | 3,33%                |

a. Salvo que se indique de otro modo, todas las dimensiones se miden horizontalmente.  
b. Longitud variable (véase 4.2.9 ó 4.2.17).  
c. Distancia hasta el extremo de la franja.  
d. O distancia hasta el extremo de pista, si esta distancia es menor.  
e. Cuando la letra de clave sea F (Tabla 1-1), la anchura se aumenta a 140 m salvo en los aeródromos con capacidad para aviones de letra de clave F equipados con aviónica digital que tienen mandos de dirección para mantener una ruta establecida durante una maniobra de "motor y al aire".

*Nota.— Véanse las Circulares 301 y 345, y el Capítulo 4 de los PANS – Aeródromos, Parte I (Doc 9981) para obtener mayor información.*

Fuente: Anexo 14 de la Organización e Aviación Civil Internacional

Seguido a lo anterior, se procede a realizar un procesamiento preliminar de los datos, esto con el fin de modificar la información recolectada y adaptarla al marco de la investigación, es decir, se realizan subprocesos en los que se descarta información irrelevante dentro del proceso investigativo, conservando únicamente los datos de utilidad para los procesos posteriores y que provean algún tipo de información relevante con mira a la obtención de resultados (descartar información catastral y de terreno por fuera del área de influencia de las SLO).

### ***Fase de análisis***

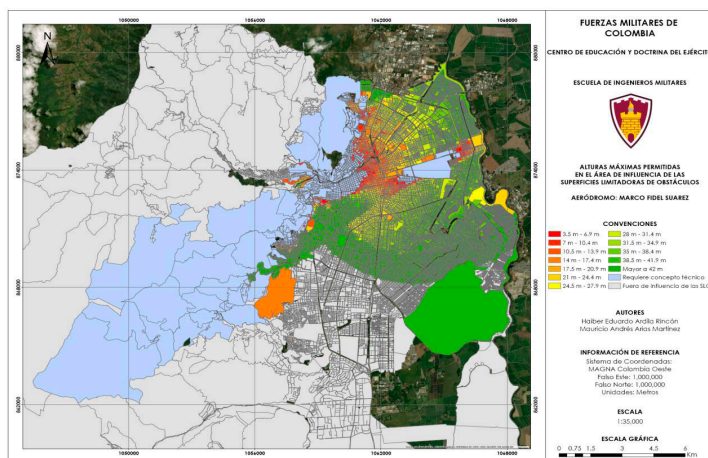
Una vez consolidada y preparada la información base, se da comienzo a la fase de análisis y procesamiento de la misma, empezando con el análisis procedimental, etapa que considera el cómo y de dónde se obtuvieron los datos, acudiendo también a los metadatos de la información con el fin de establecer las posibles fuentes de error y el grado de precisión de cada insumo para finalmente establecer un valor de error medio que se tendrá en cuenta en el geoprocésamiento y generación de productos aplicados. Para el caso de los modelos digitales de elevación extraídos del portal de la NASA se acudió al documento de la "Shuttle Radar Topographic Mission" [8] en donde se concluye que para la latitud de Colombia el error medio de los modelos es de 6.2m, seguidos a esto para las cotas extraídas de Google Earth se acudió al documento "Summary of validation of the second version of the Aster Gdem" [9] donde se establece que el error medio de los modelos utilizados en el software es de 8.62m, estos valores de incertidumbre se sumarán a los valores iniciales del modelo digital de elevación, esto con el fin de garantizar que las alturas finales aportadas al final del trabajo investigativo se encuentren bajo el margen de tolerancia de la información usada como insumo. Seguido a esto, se involucran distintas herramientas del software ArcGIS (Create TIN, TIN to ráster, mosaic to new raster, extract by mask, resample, raster calculator, zonal statistics, feature to point, spatial join, field calculator, entre otras) con el fin de modificar paso a paso la información base, incorporando márgenes de error en el terreno, rasterizando las SLO (con sus características planimétricas y altimétricas) y realizando cálculos matriciales para obtener en primera instancia un modelo digital de elevación cuyo valor de pixel corresponde a la altura máxima permitida para construcciones en cada metro cuadrado dentro del área de influencia de las SLO; con este subproducto se procede a generalizar la información dentro de cada unidad predial (manzana catastral) para así establecer finalmente un valor de altura máxima a construir por cada manzana que se encuentre dentro del área que comprenden las SLO.

Con la consecución de la geometría 2D y 3D de las SLO (estableciendo su área y su geometría en altura) y la capa vectorial de manzanas catastrales (cada una con su valor respectivo de altura máxima a construir) se obtiene finalmente la información necesaria para la generación de productos aplicados orientados a la presentación de los datos, la toma de decisiones y su aplicabilidad en otros territorios.

## Discusión de resultados

Como fase final de la investigación y una vez culminadas las fases de preparación y análisis de la información, se procede a la modificación de la simbolización de la información obtenida, con el fin de presentarla de distintas formas que sean accesibles y suficientemente claras para el público en general.

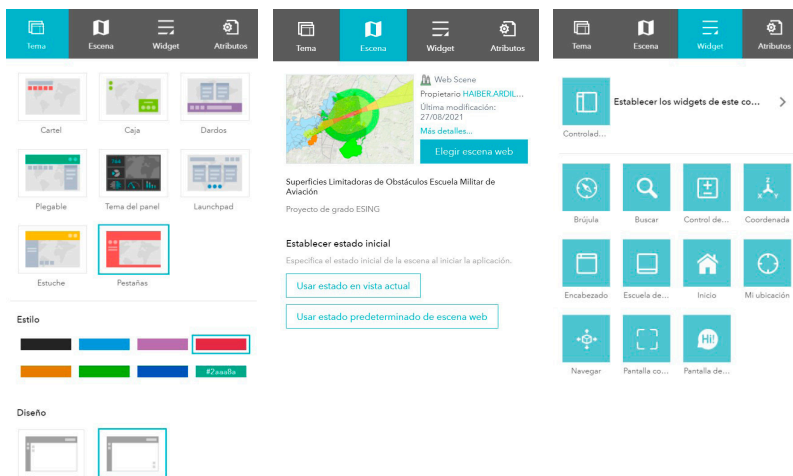
En primera instancia se diseñaron 3 productos cartográficos cuyo propósito es su consulta por las entidades aeronáuticas o de ordenamiento territorial. El primer mapa titulado “Alturas máximas permitidas en el área de influencia de las superficies limitadoras de obstáculos – Aeródromo Marco Fidel Suárez” consigna la totalidad de manzanas catastrales de la ciudad de Cali, graduándolas en una escala de colores por rango de altura que a su vez posee colores específicos para aquellos predios que requieren concepto técnico por parte de la autoridad aeronáutica o también, aquellos predios que están por fuera del área de influencia de las SLO; el segundo mapa titulado “Área de influencia de Superficies Limitadoras de Obstáculos en los predios de Santiago de Cali” muestra la geometría planimétrica de las SLO y la capa vectorial de polígonos catastrales, permitiendo identificar de forma rápida y eficiente el alcance de las SLO dentro de la ciudad de Cali y discriminando con colores específicos los cuales predios se encuentran dentro del área de influencia de las mismas; finalmente, el mapa titulado “Superficies Limitadoras de Obstáculos-Aeródromo Marco Fidel Suárez” consta de la capa vectorial de las SLO asignando un color para cada tipo de superficie y nombrándolas también dentro del mapa, esto con el fin de facilitar la identificación de cada tipo de superficie y en conjunto con su información tridimensional, vislumbrar el impacto planimétrico y altimétrico de cada tipo de superficie dentro de la ciudad de Cali.



**Figura 1.** Volumen total de concreto.  
Fuente: autores del proyecto.

Seguido a lo anterior, se debe tener en cuenta que si bien la cartografía impresa o en formato digital (pdf, tif, jpg, img, etc.) es el producto predilecto por parte de las entidades para la publicación de la información geoespacial, esta posee una gran desventaja: no se puede interactuar o extraer información más allá de lo que el diseñador de la cartografía quiere que el usuario obtenga, es por esto que en búsqueda de ampliar el rango de interacción que pueda llegar a tener el usuario final, frente a los resultados obtenidos en la investigación, se optó por generar un aplicación web interactivo, producto aplicado que permitirá al usuario realizar consultas personalizadas, habilitándolo para realizar mediciones, tomar coordenadas y obtener información de altura de predios específicos de su interés; adicional a esto se pueden realizar consultas estilo “Google Maps” donde se pueden digitar direcciones o puntos de interés en la ciudad de Cali, para a partir de estos se puedan localizar los predios de interés para el usuario.

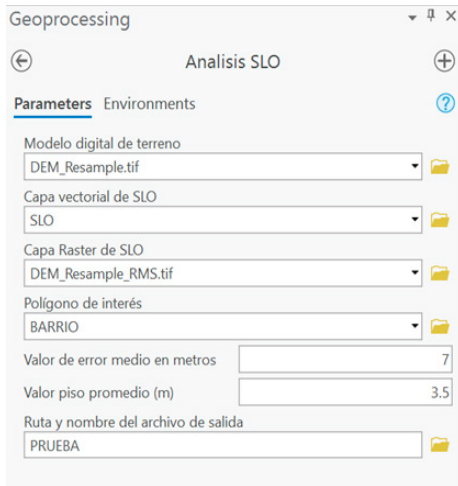
Subsecuentemente, y en caso que el usuario se ubique físicamente en el predio de interés, este podrá utilizar la geolocalización en su dispositivo móvil, lo que al final, lo situará dentro del mapa online y permitirá consultar la información del predio en el que se encuentra.



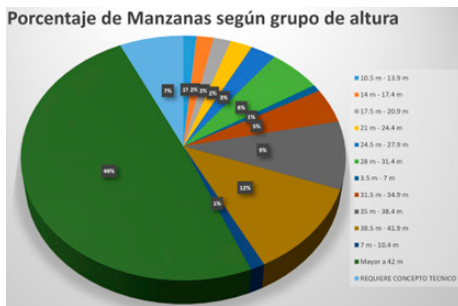
**Figura 2.** Etapa de diseño y configuración del mapa web interactivo.  
Fuente: autores del proyecto.

Como se pudo observar, de esta forma se generan múltiples capacidades de análisis que pueden ser usadas por profesionales SIG para el asesoramiento y/o toma de decisiones relacionadas al desarrollo de infraestructura civil en inmediaciones del aeródromo Marco Fidel Suárez.

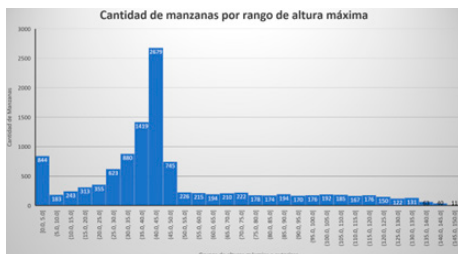




**Figura 5.** Previsualización de ejecución de la herramienta de geoprocresamiento.  
Fuente: autores del proyecto.



**Figura 6.** Gráfico de distribución de manzanas según grupo de altura.  
Fuente: autores del proyecto.



**Figura 7.** Gráfico de distribución de manzanas según grupo de altura.  
Fuente: autores del proyecto.

En contraste con lo anterior, y teniendo en cuenta que el objetivo del grupo investigador es el proporcionar productos aplicados de utilidad hacia un público general, los datos obtenidos también pueden ser objeto de análisis estadístico. Esto aporta un valor agregado especialmente útil en la determinación del impacto en términos porcentuales de las SLO vs la altura máxima permitida por manzana catastral, el rango de alturas donde existen mayor cantidad de manzanas catastrales o la altura media a la que se podrían desarrollar nuevas obras de infraestructura.

Los anteriores son tan solo algunos ejemplos de cómo se puede usar el análisis numérico para complementar la información obtenida a partir del geoprocresamiento y cómo haciendo un uso adecuado de ambos realizar análisis complementarios que permitan un adecuado desarrollo en materia de infraestructura que no vaya en contra de la normatividad aeronáutica vigente.

## Un vistazo al futuro

Como equipo investigador es inevitable cuestionarse sobre los alcances y futuro de la investigación. ¿Fue pertinente? ¿Será replicable? ¿Es mejorable?

Los anteriores interrogantes inequívocamente serán objeto de discusión por los lectores o futuros investigadores que usen el presente escrito como punto de partida o fuente de inspiración para la generación de nuevo conocimiento, por lo pronto, apelando a una autocrítica podemos decir con certeza que esta investigación solo es un primer vistazo al cómo interactúan la infraestructura civil y la aeronáutica dentro de un mismo espacio.

Sólo el uso de tecnologías como el LiDAR, sensores aerotransportados o incluso los Drones, permiten una mejora significativa en la precisión de los modelos digitales de terreno, llevando el nivel de incertidumbre incluso por debajo del metro, lo que repercutirá en generación de productos con un alto nivel de precisión vertical.

En el ámbito de la programación los límites son mucho más amplios, dado que se puede profundizar en la incorporación de la herramienta de geoprocésamiento dentro de entornos más complejos, como la integración de un nuevo módulo que genere automáticamente las Superficies Limitadoras de Obstáculos, o producción automática de cartografía temática. Incluso, ahondando en el código se lograría extraer la herramienta para ser ejecutada por fuera del entorno de la aplicación ArcMap.

Para concluir este apartado, al ser un tema que involucra una afectación directa a la infraestructura en términos de altura, la presente investigación se podría enriquecer mediante la conjunción de áreas del conocimiento, trayendo a colación temas como la geología, economía, impacto ambiental, entre otros; ampliando aún más el espectro de continuidad de la misma.

## Conclusiones

- La contemplación de las Superficies Limitadoras de Obstáculos de un aeródromo es un punto neurálgico en lo que al desarrollo de infraestructura urbana se refiere, permitiendo conocer las limitaciones en altura para construcciones aledañas a los aeródromos y de esta manera prever un desarrollo urbano eficiente y alineado a la normatividad aeronáutica vigente.

- El análisis tridimensional de las SLO vs la geometría el terreno y las capas catastrales permiten evaluar las alturas de toda una ciudad de manera ágil, lo que a su vez genera información de valor con miras al desarrollo territorial en términos e infraestructura civil.

- Los productos cartográficos aplicados permiten la consulta eficiente de los datos obtenidos mediante la investigación y se constituyen como una herramienta valiosa tanto para las entidades de planeación municipal como para las autoridades aeronáuticas.

- El desarrollo de tecnologías (herramienta de geoprocésamiento) proporciona un valor agregado a los resultados obtenidos en la investigación, ya que mediante estas se abre la posibilidad a nuevos investigadores de mejorar, optimizar o replicar el flujo de trabajo de investigación en otros territorios a nivel nacional o internacional.

## Referencias

- [1] Concejo Municipal de Santiago de Cali, *Acuerdo No 0373 de 2014*. 2014.
- [2] Presidencia de la República, «Decreto 2937 de 2010», ago. 06, 2010. <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1503047> (accedido sep. 30, 2020).
- [3] OACI, «Documento 9137», *Manual de Servicios de Aeropuertos*. <http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/reglamentacion/Normatividad%20Peligro%20Aviario/Documento%209137%20de%20OACI%20Manual%20Reduccion%20del%20Peligro%20Aviario.pdf> (accedido nov. 25, 2020).
- [4] Presidencia de la República, «Decreto 410 de 1971», jun. 16, 1971. <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1833376> (accedido sep. 30, 2020).
- [5] «¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)?», *Geoinnova Formación*, nov. 11, 2017. <https://geoinnova.org/cursos/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/> (accedido sep. 30, 2020).
- [6] Héctor Daniel Lerma González, *Metodología de la investigación. Propuesta, anteproyecto y proyecto*, 4.a ed. 2009.
- [7] OACI, «Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional». 2018.
- [8] Committee on Earth Observation Satellites, National Aeronautics and Space Administration, National Geospatial-Intelligence Agency, United States Geological Survey, y International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, «The Shuttle Radar Topography Mission». jun. 14, 2005. Accedido: may 20, 2021. [En línea]. Disponible en: [https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM\\_paper.pdf](https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf)
- [9] D. J. Meyer et al., «Summary of the Validation of the Second Version of the Aster Gdem», *ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. 39B4, pp. 291-293, jul. 2012, doi: 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B4-291-2012.