

Consideraciones geográficas para vuelos con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia en Costa Rica

 **Masis-Campos, Ramón**

 **Reyes-Chaves, Jonnathan**

 **Lizano-Araya, Melvin**

Consideraciones geográficas para vuelos con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia en Costa Rica

Tecnología en marcha, vol. 35, núm. 3, pp. 167-177, 2022

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=699874404020>

Consideraciones geográficas para vuelos con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia en Costa Rica

Geographic considerations for flights with Remotely Piloted Aircraft Systems in Costa Rica

Ramón Masís-Campos

Universidad de Costa Rica., Costa Rica

ramon.masiscampos@ucr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0001-5808-3265>

Jonnathan Reyes-Chaves

Universidad de Costa Rica., Costa Rica

jonnathan.reyeschaves@ucr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0001-5381-8330>

Melvin Lizano-Araya

Universidad de Costa Rica., Costa Rica

melvin.lizanoaraya@ucr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0003-3437-3502>

Recepción: 02 Mayo 2021

Aprobación: 23 Septiembre 2021



Acceso abierto diamante

Resumen

La finalidad del siguiente trabajo fue estudiar y analizar las regulaciones territoriales que existen actualmente en Costa Rica y que limitan a los pilotos de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS, del inglés Remotely Piloted Aircraft System) volar en el espacio aéreo controlado (aeropuertos, aeródromos, helipuertos), así como espacios prohibidos (La Reforma, Volcán Arenal), espacios restringidos (Murciélagos, Paso La Palma, Casa Presidencial, Ministerio de Seguridad) o en las zonas urbanas del país. De esta manera, se estudió los factores que condicionan el rendimiento de la aeronave y la seguridad de vuelo como son: las condiciones climáticas de Costa Rica, especialmente los elementos como: vientos, lluvias, temperaturas, eventos extremos y la visibilidad. Además de las interferencias magnéticas para la navegación producto de las tormentas solares (y su efecto sobre la ionosfera terrestre), entre otras perturbaciones locales. Igualmente, este trabajo señaló los factores correspondientes con obstáculos visuales en el terreno (estructuras, árboles, fauna, entre otros). Finalmente se mostró los recursos disponibles para que los pilotos RPAS puedan tomar las mejores decisiones en sus operaciones a partir del pronóstico del tiempo y la cartografía aeronáutica para la navegación, además de recursos complementarios como aplicaciones para dispositivos móviles.

Palabras clave: Sistemas de aeronaves pilotadas a distancia, áreas prohibidas, áreas restringidas, condiciones climáticas, recursos aeronáuticos, Costa Rica.

Abstract

The purpose of the following work was to study and analyze the territorial regulations that currently exist in Costa Rica and that limit pilots of Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) to fly in controlled airspace (airports, aerodromes, heliports), as well as prohibited spaces (La Reforma, Arenal Volcano), restricted spaces (Murciélagos, Paso La Palma, Presidential House, Ministry of Security) or in urban areas of the country.

In the same way, the factors that determine the performance of the aircraft and flight safety were studied, such as: the climatic conditions of Costa Rica, especially the elements: winds, rains, temperatures, extreme events and visibility. In addition to the magnetic interference for navigation products of solar storms, among other local disturbances. Likewise, this work pointed out the corresponding factors with visual obstacles on the ground (buildings, trees, fauna, among others). Finally, the resources available to RPAS pilots to make better decisions in their operations based on weather forecasting and aeronautical cartography for navigation were shown, as well as complementary resources such as applications for mobile devices.

Keywords: Remotely piloted aircraft system, prohibited areas, restricted areas, weather conditions, aeronautical resources, Costa Rica.

Introducción

El uso de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS, del inglés Remotely Piloted Aircraft System) ha sido introducido en la sociedad desde hace pocos años para diversas aplicaciones civiles (urbanismo, agricultura, minería, arqueología, fotografía profesional, cine, monitoreo de paisajes, seguimiento de amenazas naturales, mercadeo entre otras). En los estudios geográficos se ha demostrado que son herramientas versátiles, precisas y ofrecen la capacidad de analizar el territorio en diferentes escalas (espaciales, temporales, espectrales) por medio de la obtención de productos como: ortomosaicos, modelos de superficie, de terreno, índices de vegetación, videos, fotografías oblicuas, panorámicas, entre otros.

La alta disponibilidad de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia en el mercado en la última década ha generado que muchas personas u organizaciones adquieran esta tecnología por asuntos recreativos, profesionales o corporativos. Esta circunstancia ha generado preocupación en la industria aeronáutica por el alto tráfico de RPAS en áreas destinadas para la operación de aeropuertos, centros penales, bases militares, espacios gubernamentales o de seguridad nacional.

A nivel mundial existe la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que es una agencia de la Organización de las Naciones Unidas responsable de establecer por convenios las reglas en la aeronáutica mundial [1]. Desde 2005 la OACI ha emitido directrices a los diferentes estados para regular por medio de legislación nacional y la estandarización de la operación de RPAS por medio de la emisión de documentación técnica de acatamiento obligatorio [2].

A partir de 2017, la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) de Costa Rica ha publicado una directiva operacional para este fin y establece el marco técnico-jurídico que regula las condiciones de explotación de estas aeronaves para la realización de los diferentes trabajos aéreos con RPAS [3].

El presente trabajo es una investigación de tipo analítica descriptiva, enfocada en identificar, describir y analizar las regulaciones territoriales que existen actualmente en Costa Rica que limitan a los pilotos de RPAS a volar en el espacio aéreo controlado, espacios prohibidos y espacios restringidos. De esta manera se estudió los factores asociados al clima, tormentas solares, obstáculos visuales en el terreno y recursos para la operación (pronóstico del tiempo y la cartografía aeronáutica) que condicionan la seguridad de los vuelos. Consecuentemente se realizó una selectiva revisión bibliográfica temática para abordar el presente trabajo.

Resultados

Consideraciones territoriales

En el país existen un conjunto de espacios prohibidos y restringidos para operar los RPAS. La Dirección General de Aviación Civil ha emitido las regulaciones territoriales en los documentos: Directiva Operacional DO-001-OPS-RPAS y AIP Costa Rica [3], [4].

En la normativa se establecen zonas prohibidas, restringidas y zonas con espacio aéreo controlado para evitar peligros que afecten la seguridad o el orden público, especialmente la seguridad del tránsito aéreo. En detalle, zonas prohibidas (La Reforma, Volcán Arenal) espacios aéreos controlados (aeropuertos, aeródromos), espacios restringidos (Murciélagos, Paso La Palma, Casa Presidencial, Ministerio de Seguridad) y sobre las zonas urbanas del país. La ubicación de estos lugares se puede observar en la figura 1.

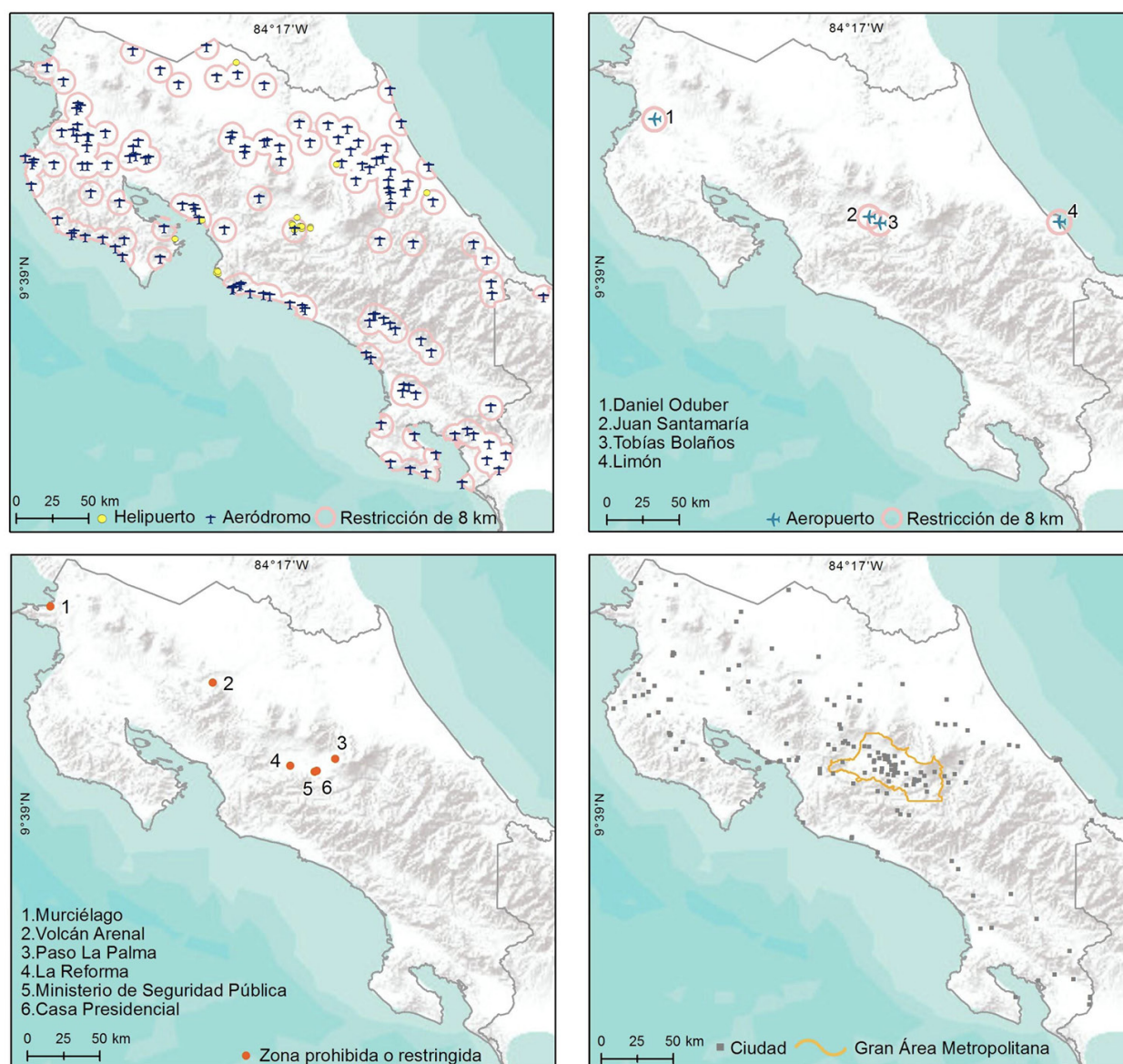


Figura 1

Distribución de aeródromos helipuertos aeropuertos anillo de restricción de 8 km zonas prohibidas restringidas y ciudades de Costa Rica

Figura 1. Distribución de aeródromos, helipuertos, aeropuertos, anillo de restricción de 8 km, zonas prohibidas, restringidas y ciudades de Costa Rica

Respecto los espacios aéreos controlados hay que considerar que Costa Rica cuenta con 132 aeródromos distribuidos en 91 de 487 distritos del país, además existe un anillo de restricción de 8 km por cada aeródromo (esta área es equivalente a 200,96 km²). A nivel provincial, Guanacaste cuenta con la cuarta parte de los aeródromos nacionales. Y junto con Puntarenas y Limón concentran más del 60% de estos espacios.

Respecto a los aeropuertos internacionales, dos están dentro del Gran Área Metropolitana y dos fuera de la capital (cuadro 1), además aplica el anillo de 8 km. No obstante, puede solicitarse los permisos y la aprobación de los procedimientos por la Dirección de Aviación Civil mediante la emisión de un NOTAM (acrónimo del inglés Notice To Airmen) [3].

Cuadro 1
Aeropuertos internacionales de Costa Rica

Aeropuerto Internacional Juan Santamaría SJO	Alajuela
Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños SYQ	San José
Aeropuerto Internacional Daniel Oduber LIR	Guanacaste
Aeropuerto Internacional de Limón	LIO Limón

Fuente: Dirección General de Aviación Civil [4]

Adicionalmente, el país cuenta con 12 helipuertos autorizados, la mayoría privados distribuidos en San José (5), Puntarenas (3), Heredia (2), Limón (1), Alajuela (1). Es decir, en las provincias de Cartago y Guanacaste no hay helipuertos.

Una zona prohibida para volar RPAS es el volcán Arenal, estrato volcán con actividad piroclástica y estromboliana de 1670 msnm, ubicado en distrito La Fortuna, cantón San Carlos, provincia Alajuela. Donde se establece una prohibición de un radio de 1 milla náutica, es decir 11 km².

Por temas de seguridad existe la prohibición de volar RPAS sobre el centro penal “La Reforma” que igualmente se encuentra en el anillo de restricción de 8 km del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. La Reforma es un complejo de centros de atención institucional (Jorge Arturo Montero Castro, Luis Paulino Mora Mora, Adulto Mayor, Ofelia Vincenzi Peñaranda, Gerardo Rodríguez Echeverría, Ofelia Vincenzi Peñaranda y Reinaldo Villalobos Zúñiga) de aproximadamente 27 ha ubicado en San Rafael de Alajuela. No obstante, en Costa Rica existen 14 centros penales en el territorio nacional que deberían estar regulados para este fin, como se muestra en el cuadro 2

Cuadro 2
Centros penales de Costa Rica

Centro de Atención Institucional San José	San José
C.A.I. Antonio Bastida de Paz	Puntarenas
C.A.I. Jorge Arturo Montero Castro	Alajuela
C.A.I. Luis Paulino Mora Mora	Alajuela
Centro de Atención Institucional Adulto Mayor	Alajuela
C.A.I. Gerardo Rodríguez Echeverría	Alajuela
Centro de Atención Institucional Nelson Mandela	Alajuela
Centro de Atención Institucional Jorge Debravo	Cartago
Centro de Atención Institucional Puntarenas	Puntarenas
Centro de Atención Institucional Liberia	Guanacaste
Centro de Atención Institucional Marcus Garvey	Limón
C.A.I. Carlos Luis Fallas	Limón
C.A.S.I. San Ramón – Finca la Paz	Alajuela
C.A.S.I. San Ramón	Alajuela
C.A.S.I. San Agustín	Heredia
Centro de Formación Juvenil Zurquí	Heredia
Centro Especializado Ofelia Vincenzi Peñaranda	Alajuela
C.A.I. Vilma Curling Rivera	San José
U.A.I. Reinaldo Villalobos Zúñiga	Alajuela
U.A.I. Pablo Presberí	Puntarenas

Fuente: Ministerio de Justicia y Paz

Por otro lado, las zonas restringidas establecen regulaciones en Murciélagos, Paso La Palma, Casa Presidencial y el Ministerio de Seguridad. En el caso del Centro de Formación Policial Murciélagos (Guanacaste) se establece una restricción en un radio de 3 millas náuticas. En el caso del Paso de La Palma, es una depresión intervolcánica entre los volcanes Barva e Irazú en la Cordillera Volcánica Central por donde ingresan los vientos alisios y humedad del Mar Caribe y es un corredor para rutas aéreas de comunicación.

También en la capital, existen restricciones para sobrevolar la Casa Presidencial y el Ministerio de Seguridad Pública. Adicionalmente se deben extremar las medidas de seguridad para volar RPAS en espacios donde típicamente se desarrollan otras actividades de carácter recreativo; como el parapente (La Pastora de Turrialba, Jacó, Caldera, Barranca, Dominical), aeromodelismo (Tambor y la Guácima de Alajuela), zona de operación de globos tripulados (en un radio de 7 millas náuticas de San Jerónimo de Naranjo), zonas de entrenamiento de aviación, fumigación a plantaciones bananeras con avionetas a muy baja altitud en la provincia de Limón, entre otras.

Finalmente, es importante señalar que las aeronaves no pueden sobrevolar sobre aglomeraciones de personas y sobre las estructuras en ciudades. Es decir, que corresponde mínimo con la ubicación de las 82 cabeceras de municipalidad y 488 centros distritales de Costa Rica, según la división política administrativa en el año 2021 [5]. No obstante, cuando se obtiene el permiso de la DGAC para realizar una operación especial se restringen los vuelos a no más de 30 metros de edificios o de reuniones de personas al aire libre.

Consideraciones en campo

Factores climáticos

Dentro de los factores en campo que influyen significativamente en la ejecución de misiones con RPAS están las condiciones climáticas del área de estudio, ya que limitan el rendimiento de la aeronave y la seguridad de vuelo. Especialmente variables como: vientos, precipitación, turbulencia, masas de aire, nubosidad, tormentas y cambios de temperatura. Estas variables pueden cambiar según la escala de análisis.

En el caso de Costa Rica, los pilotos de RPAS tienen que considerar que el país por su ubicación geográfica entre los paralelos 8°30' y 11°0' latitud norte tiene un clima tropical modificado por factores como: orografía, su condición ístmica en la región centroamericana, la influencia oceánica (vientos, brisas marinas, humedad) y la circulación general de la atmósfera, además de la interacción de factores locales [6].

La orientación noroeste-sureste eje montañoso central divide al territorio costarricense en la vertiente Pacífica y Caribe. El país al entrar en contacto con los vientos alisios del noreste cargados de humedad del mar Caribe, precipitan abundantemente en toda la fachada noreste del país y penetran por pasos o collados hasta el Valle Central y algunos sectores deprimidos de la vertiente Pacífico (figura 2). Consecuentemente cada vertiente presenta su propio régimen de lluvias y temperaturas con características particulares de distribución espacial y temporal [6].

A lo largo del año, Costa Rica es perturbada por eventos extremos de escala sinóptica. En el caso de la estación lluviosa, la temporada de ciclones en el Caribe inicia el 1 de junio y se extiende hasta el 30 de noviembre de cada año [7], provocando impactos indirectos y directos por vientos y precipitaciones en el territorio nacional por el tránsito de huracanes, tormentas, depresiones y ondas tropicales. En contraste, durante la estación seca es constante el arribo al país de los sistemas de bajas presiones y los frentes fríos de las zonas polares de Norteamérica, entre los meses noviembre y febrero.

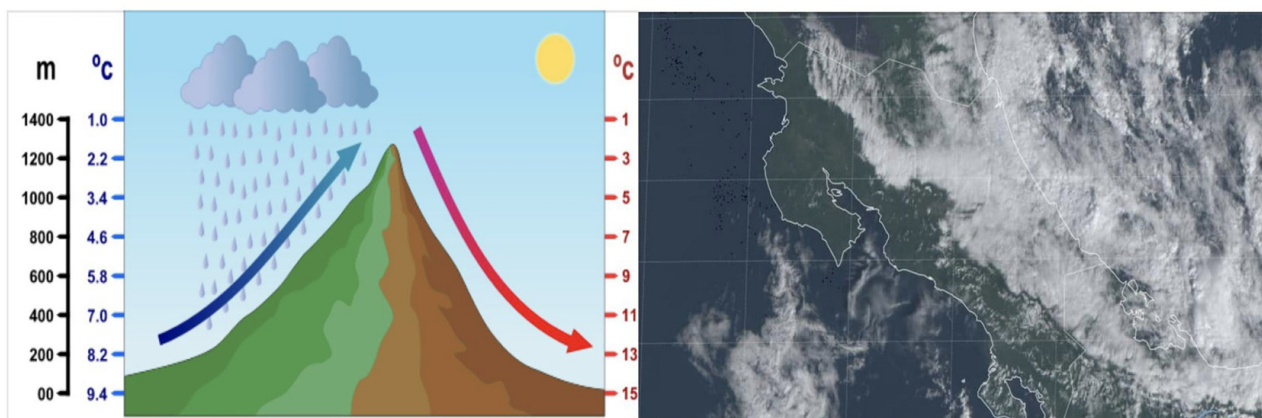


Figura 2

Efecto orográfico en la distribución de lluvias en el país IMN 2020

Figura 2. Efecto orográfico en la distribución de lluvias en el país. IMN, 2020.

Cambiando a las escalas de mesoescala y microescala, los pilotos de RPAS deben considerar el desarrollo de otros fenómenos meteorológicos en la región. Tal es el caso de las brisas marinas que son inducidas por diferencias horizontales de temperatura (calentamiento y el enfriamiento) entre la superficie marina y la tierra. Este fenómeno es más evidente en la costa, pero puede penetrar varios kilómetros en el territorio nacional. De la misma manera existen brisas de valle-montaña que se desarrollan por el contraste de la insolación del suelo provocado por el calentamiento diurno y el enfriamiento nocturno entre los sistemas montañosos (especialmente en sus laderas) y los fondos de los valles [8].

Otro factor determinante a esta escala en la operación segura de RPAS es la visibilidad, que puede ser alterada por la presencia de niebla o neblina en el lugar. También la visibilidad puede estar condicionada por la hora del día. Por su latitud, el territorio nacional no tiene grandes contrastes entre la duración del día y de la noche a lo largo del año, excepto en sus respectivos solsticios y equinoccios. Vale la pena mencionar que según la legislación que regula la operación de RPAS, los vuelos nocturnos están prohibidos, pero están condicionados por la aprobación de un permiso que se debe solicitar ante la Dirección General de Aviación Civil [8].

En resumen, la operación de vuelos seguro con RPAS en Costa Rica está condicionado por un importante análisis de una diversidad de fenómenos meteorológicos que se resume en el cuadro 3.

Cuadro 3

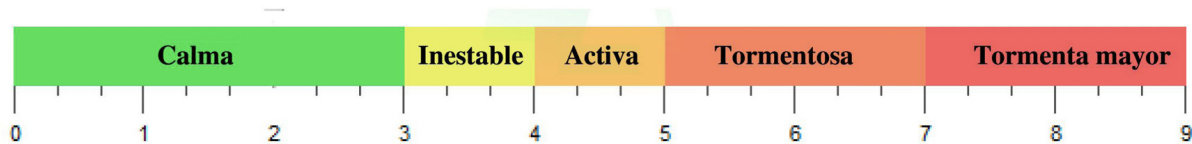
Escala de los fenómenos meteorológicos en Costa Rica

Macroescala	Alisios, vientos del Oeste, ENOS, Zona de Convergencia Intertropical, La Niña.	Miles de kilómetros	Semanas a meses
Sinóptica	Ondas del este, ciclones, frentes fríos, huracanes.	Cientos miles de Km	Días a semanas
Mesoescala	Brisas de mar-tierra, Brisas de valle-montaña, tormentas, pseudo-tornados.	Uno a cientos de Km	1 hora a 2 días
Microescala	Turbulencia, remolinos, ráfagas de polvo, trombas marinas.	Centímetros a metros	Minutos

Fuente: IMN [6]

Factores magnéticos

La actividad solar genera tormentas que impactan el campo magnético Terrestre. Este fenómeno puede durar horas o días. La NOAA [9] ha definido una escala para cuantificar la intensidad y los efectos a nivel local. En la aeronáutica pueden derivar riesgos en el uso de las telecomunicaciones por la interferencia que puede causar este tipo de ondas. En el caso de los RPAS, las tormentas solares pueden alterar los sistemas globales de navegación satelital (GPS, GLONASS, GALILEO, otros) en inglés (GNSS), la brújula, la telemetría, entre otros sensores a bordo). La escala del índice Kp se muestra explicada en la figura 3.



El índice Kp mide la alteración geomagnética causada por la actividad solar en la Tierra, en una escala de 0 (calma) a 9 (tormenta mayor).

Kp 0 - 4: Totalmente seguro

Kp 4 - 6: Puede experimentar problemas menores con el GNSS

Kp 6 - 7: Puede causar lecturas de ubicación inexactas por GNSS, posible interferencia de radio / control

Kp > 7: Totalmente inseguro. Tiene múltiples bloqueos de satélite. Mayor probabilidad de lecturas de ubicación inexactas, impacto severo del rango de radio/control

Figura 3

Índice Kp para tormentas geomagnéticas

Figura 3. Índice Kp para tormentas geomagnéticas.

Otra interferencia magnética local es la presencia del mineral magnetita en las arenas de algunas playas costarricenses que pueden alterar las operaciones con RPAS. Monge [10] señala la distribución de este mineral en playas de Guanacaste (Junquillal, Callejones, Potrero, Brasilito, Prieta, Carbón, Ocotol, y Tamarindo), Puntarenas (Caldera, Tivives, El Roble, Playa Hermosa y Playa Azul) y Limón (Puerto Viejo y Cahuita). Adicionalmente pueden existir interferencias tecnológicas a nivel territorial. Costa Rica posee 6132 km de líneas de transmisión y 65 subestaciones eléctricas [11] que pueden alterar significativamente la navegación de RPAS a baja altitud cerca de estos espacios. La distribución y ubicación de estos lugares en el país están en la figura 4.

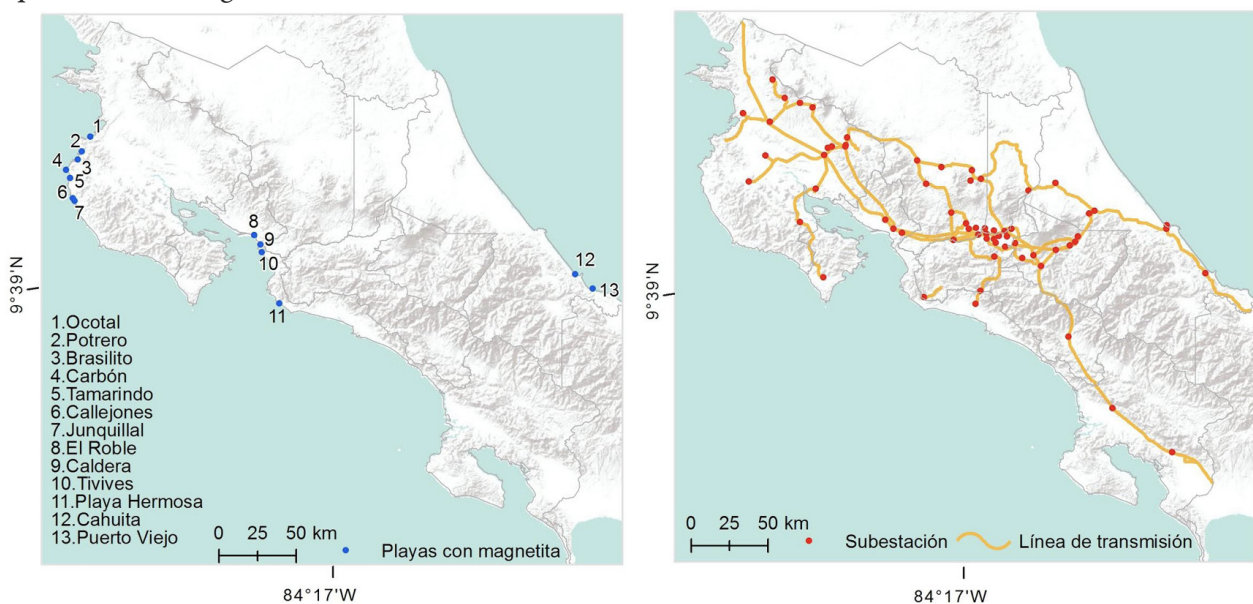


Figura 4

Playas con arena de magnetita y distribución de la línea de transmisión eléctrica en Costa Rica

Figura 4. Playas con arena de magnetita y distribución de la línea de transmisión eléctrica en Costa Rica.

Factores visuales del área de estudio

Estos factores corresponden con obstáculos en el terreno cuando se desarrollan operaciones con RPAS dentro de la línea visual del piloto a una distancia que no superan los 500 metros y una sustentación de la aeronave por debajo de los 120 metros de altura o 400 pies. Dentro de los obstáculos visuales a esta escala que pueden provocar incidentes o accidentes se encuentran: estructuras urbanas, automóviles, diferentes estratos de la vegetación, alumbrado eléctrico, líneas de alta tensión, colinas, bandada de aves, aglomeraciones de personas, inclusive volar cerca de otras aeronaves.

Recursos para la medición meteorológica y la navegación aeronáutica

Medición y pronóstico del tiempo

A nivel internacional y local existen servicios y herramientas que utiliza la aviación para tomar decisiones y realizar vuelos seguros. Estos recursos de la aeronáutica para la medición y el pronóstico del tiempo son igualmente empleados por los pilotos RPAS.

En Costa Rica, existen cuatro estaciones meteorológicas aeronáuticas para los aeropuertos: Daniel Oduber (Liberia), Juan Santamaría (Alajuela), Limón y Tobías Bolaños (Pavas). El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) brinda el servicio de observación y pronóstico en aeropuertos, mediante la emisión de reportes como: Meteorological Aerodrome Reports (METAR) que se actualizan cada hora, así como el Terminal Aerodrome Forecast (TAF) un pronóstico con una vigencia de 24 horas o el informe de meteorología aeronáutica [12].

El IMN posee una robusta red de estaciones meteorológicas instaladas en diferentes regiones y cuencas hidrográficas en el país que miden continuamente los elementos del clima. Este servicio puede ser consultado de manera gratuita y en tiempo real desde la página web del instituto www.imn.ac.cr.

Igualmente, hoy en día han proliferado muchas aplicaciones para dispositivos móviles (celulares o tabletas) que pueden ofrecer el pronóstico local para variables como previsión del tiempo, disponibilidad de satélites GNSS, actividad solar (escala Kp), entre otras restricciones de vuelo. Por lo tanto, los pilotos pueden tener instaladas aplicaciones telefónicas como: UAV Forecast, Windy, drone Buddy, the Weather & Airmap, entre otros.

Navegación y cartografía

Existen convenciones en la aeronáutica para el uso de cartografía y que pueda ser de consulta para los pilotos de aeronaves. Cada Estado tiene la obligación de proporcionar información del territorio nacional a través de las cartas aeronáuticas.

En el país está oficializado el uso de la carta aeronáutica de la República de Costa Rica, escala 1: 500.000 emitida por el Instituto Geográfico Nacional y la Dirección General de Aviación Civil.

Este producto cartográfico contiene información para la navegación aeronáutica segura como: las elevaciones de la geografía costarricense, la ubicación de aeródromos, ayudas visuales, obstrucciones verticales, instalaciones de radio y navegación, espacios aéreos para uso especial, conos de aproximación hacia los aeropuertos entre otros elementos [13]. Igualmente, en la actualidad existen recursos complementarios como mapas para la navegación que pueden ser consultados por medio de diversas aplicaciones como: SkyVector, DJI's GEO Zone Map, entre otras.

Conclusiones

A pesar de que la regulación costarricense prohíbe vuelos RPAS sobre la prisión “La Reforma”, existen 18 centros penales más distribuidos en el país que requieren cumplir con las condiciones de seguridad

indicadas en este trabajo. Así como existe una prohibición de vuelo sobre el volcán Arenal por diversos factores entre ellos el climático, hay más volcanes activos (Irazú, Turrialba, Poás, Rincón de la Vieja) y sistemas montañosos que ofrecen condiciones extremas asociado a este tema, como: viento, visibilidad, humedad, entre otros. Similarmente ocurre en el Paso de la Palma, ya que existen otros pasos intervolcánicos (Tapezco, Depresión del Desengaño, Coliblanco, otros) y collados en la geografía nacional con condiciones climáticas potencialmente riesgosas o peligrosas para la maniobrabilidad con RPAS y desarrollar con ello un vuelo seguro.

En el caso de las zonas urbanas existe una fuerte limitación para volar en aproximadamente 2000 km² de la Gran Área Metropolitana, además de las ciudades intermedias y pequeñas fuera de la capital. Todas las regulaciones tienen sus excepciones, mientras se cuente con la autorización de la DGAC, además del cumplimiento de la respectiva directriz operacional.

La evaluación de las condiciones del estado del tiempo por parte de los pilotos RPAS es un requisito indispensable para poder realizar vuelos seguros en el país. Especialmente el estudio de los vientos y precipitación, no obstante, existen otras variables geográficas que regulan la operación aeronáutica. Tal es el caso de la dispersión de cenizas producto de la actividad volcánica del país. Por ejemplo, desde octubre de 2014 el volcán Turrialba tiene erupciones de cenizas a gran altitud, que por medio de los vientos distribuyen este material fino dentro y fuera del Valle Central.

Finalmente, otro factor determinante para garantizar los vuelos seguros con RPAS es el conocimiento que debe tener el piloto respecto al equipo que opera y el mantenimiento de la aeronave. En este punto el piloto debe conocer con propiedad los elementos como: la resistencia máxima del viento que tiene la aeronave, la duración de las baterías, la máxima distancia de transmisión de la telemetría, duración de las baterías entre otras variables.

Agradecimientos

Los investigadores desean manifestar su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación de la UCR, en el marco de la actividad de investigación B9762. Igualmente, extendemos gratitud al estudiante Andrés Cornejo Romero por su asistencia técnica en Geografía en 2019.

Referencias

- [1] Federal Aviation Administration. Pilot's handbook of aeronautical knowledge. 2016 [Online]. Available: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/pilot_handbook.pdf
- [2] Organización de Aviación Civil Internacional. Circular 328, Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS). 2011. [Online]. https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_es.pdf
- [3] Dirección General de Aviación Civil. Directiva Operacional DO-001-OPS-RPAS Operaciones con Sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS). 2020. [Online]. <https://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2020/12/Modificacion-DO-001-OPS-RPAS-26-de-nov-2020-PRA.pdf>
- [4] Dirección General de Aviación Civil. AIP Costa Rica. GEN 0.1-1 16 jul 2020. [Online]. https://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2020/11/PARTE-1-GENERALIDADES-AIRAC-AMDT-26_20-RAMOS.pdf
- [5] Sistema Nacional de Información Territorial. División política administrativa, IGN_5:limitedistrital_5k. 2021. [Online]. http://geos.snitcr.go.cr/be/IGN_5/wfs?
- [6] Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones; Instituto Meteorológico Nacional. Sobre algunos fenómenos meteorológicos en Costa Rica. [Online] <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Compendio+sobre+fen%C3%B3menos+meteorol%C3%B3gicos>
- [7] J. P. Valverde Mora. "Variables meteorológicas aeronáuticas en los cuatro aeropuertos internacionales de Costa Rica durante la influencia del ciclón tropical Nate" J. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos, vol. 19, pp. 49-69, Dec. 2020
- [8] Federal Aviation Administration . Remote Pilot – Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS) Study Guide. 2016 [Online]. https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/media/remote_pilot_study_guide.pdf
- [9] National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA Space Weather Scales. Geomagnetic Storms. 2011.[Online] <https://www.swpc.noaa.gov/products/planetary-k-index>
- [10] R. Monge Valverde. "Contribución al estudio de las arenas negras magnéticas de Costa Rica". Tesis de licenciatura en química. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias y Letras. Departamento de Química, 1965.
- [11] Instituto Costarricense de Electricidad. Líneas de transmisión y campos electromagnéticos. Centro de Servicio Gestión Ambiental de la UEN Proyectos y Servicios Asociados. 2011. [Online] <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/19ae6b97-af0b-4505-aeb5-2e93266182d7/folletolineasdetransmisionycampoeselectromagneticos.pdf?mod=ajperes&cvid=l2lltgz>
- [12] Instituto Meteorológico Nacional. Informes de meteorología aeronáutica. 2021. [Online]. <https://www.imn.ac.cr/informacion-meteorologica-aeronautica>
- [13] Instituto Geográfico Nacional; Dirección General de Aviación Civil. Carta aeronáutica de la República de Costa Rica, escala 1: 500.000. San José, Costa Rica. CARCR. Edición 4. 1991.