



Estrategia para transformar la distribución de suministros médicos en la región Amazónica

Mayor (FAC) Paul Francisco Ruiz Pineda

Artículo para optar al título profesional:
Magister en Estrategia y Geopolítica

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia
2025

DATOS GENERALES

Nombre del estudiante	:	Mayor (FAC) Paul Francisco Ruiz Pineda
Identificación	:	1075651383
Programa académico	:	Maestría en Estrategia y Geopolítica
Tutor metodológico	:	Mayor (R) Oscar Orlando Porras Rodríguez
Tutor temático	:	Coronel (R) Sergio Barrios Torres
Fecha de entrega	:	9 agosto 2025
Extensión	:	8.726 palabras

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

El autor declara que este artículo fue escrito de acuerdo con la normatividad de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” (ESDEG) y no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con este. Las posturas y aseveraciones presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representan la posición oficial ni institucional de la ESDEG, las Fuerzas Militares de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.

Este artículo es enteramente mi propio trabajo y no ha sido presentado para la obtención de un título en esta u otra Institución de Educación Superior. Se han referenciado todos los trabajos y puntos de vista de otros autores, así como los datos de otras fuentes utilizadas. No se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para su elaboración.

El autor acepta ceder los derechos de publicación en favor de la ESDEG y su Sello Editorial de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

El autor autoriza que este artículo sea publicado por el Sello Editorial ESDEG en su repositorio institucional y esté disponible bajo una modalidad de acceso abierto.

Estrategia para transformar la distribución de suministros médicos en la región Amazónica

Paul Francisco Ruiz Pineda¹

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Resumen: En el trabajo se analizó la distribución de recursos médicos en la región Amazónica colombiana, evaluando el papel de SATENA y de las empresas emergentes de drones entre 2022 y 2024. A través de una descripción inicial, se identificaron rutas, capacidades y limitaciones en la conectividad regional de insumos médicos, para posterior observar, explorar, describir y comparar experiencias internacionales en logística de última milla en contextos geográficos y socioeconómicos similares. Finalmente, se propone una estrategia de optimización logística que integra el potencial de la aviación regional y el uso de drones, con el fin de ampliar la cobertura, reducir tiempos de entrega y mejorar el sistema de distribución sanitaria en la Amazonía.

Palabras clave: entrega médica mediante drones; zonas remotas; atención sanitaria.

Abstract: The study analyzed the distribution of medical resources in the Colombian Amazon region, assessing the role of SATENA and emerging drone companies between 2022 and 2024. Through an initial description, routes, capacities, and limitations in the regional connectivity of medical supplies were identified, followed by the observation, exploration, description, and comparison of international experiences in last-mile logistics within similar geographic and socioeconomic contexts. Finally, a logistical optimization strategy is proposed, integrating the

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

potential of regional aviation and the use of drones to expand coverage, reduce delivery times, and improve the healthcare distribution system in the Amazon.

Keywords: drone medical delivery; remote areas; healthcare.

[T1] Introducción

La región amazónica colombiana representa una inmensa riqueza natural y sociocultural caracterizado por su biodiversidad, presencia de comunidades indígenas y recursos naturales únicos. Sin embargo, a pesar de su importancia ecológica y social, la región enfrenta desafíos significativos en términos de infraestructura y conectividad, evidenciado en cuanto hasta marzo de 2024, la red vial en la Amazonia colombiana comprendía aproximadamente 28,091 kilómetros, de los cuales una porción significativa atravesaba áreas protegidas, resguardos indígenas y zonas de reserva forestal (Observatorio de conflictos socioambientales La voz de la Amazonia en conflicto, 2025), donde la construcción y ampliación de vías tradicionales ha sido una causa de conflictos socioambientales, debido a su impacto en la deforestación y en la fragmentación del ecosistema amazónico.

Lo anterior permite evidenciar la necesidad de explorar alternativas para la conectividad, garantizando el desarrollo sostenible, y protegiendo los ecosistemas vulnerables. En respuesta al problema, en 2025 Colombia implementó el Plan Amazónico de Transporte Intermodal Sostenible (PATIS), una estrategia cuyo objetivo es mejorar la movilidad en la región mediante un enfoque integral y sostenible, evitando la expansión de infraestructura terrestre que ponga en riesgo la biodiversidad y las comunidades indígenas involucradas (Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte, UPIT, 2023).

Es así como en el ámbito de la logística y transporte, las tecnologías emergentes, especialmente el uso de drones y sistemas de logística de última milla, ofrecen soluciones para zonas de difícil acceso. Estudios recientes, como el realizado por Winkenbach, Merchan y Janjevic (Winkenbach, Merchan, & Janjevic, 2019), abordan el diseño de modelos logísticos que integran múltiples niveles de servicio y modos de transporte, incluyendo plataformas aéreas de drones, para optimizar entregas en áreas remotas o de difícil cobertura. Estos modelos demuestran que la

utilización de tecnologías puede reducir costos, aumentar la eficacia de distribución y reducir el impacto ambiental, contribuyendo al desarrollo sostenible en zonas de difícil acceso.

En el contexto amazónico, donde las vías terrestres son limitadas y su construcción genera controversia y daño ecológico, la logística aérea mediante drones surge como una alternativa. Sin embargo, el uso de drones en la región aún presenta desafíos técnicos, operativos y regulatorios. La integración de estas tecnologías en la gestión estratégica de frontera requiere un análisis que considere las condiciones específicas del territorio y las necesidades de las comunidades involucradas.

La gestión estratégica de fronteras y la logística de última milla constituyen conceptos clave para entender el potencial de las tecnologías emergentes en regiones como la Amazonía colombiana. La incorporación de esta tecnología puede transformar la forma en que se entregan productos sanitarios, medicamentos y otros insumos esenciales, facilitando una distribución.

Asimismo, la innovación tecnológica y la gestión del cambio orientan la adaptación de nuevas prácticas en entornos de frontera, resaltando la importancia de la compatibilidad, la complejidad percibida y la percepción de beneficios por parte de los actores involucrados. La sostenibilidad, en su dimensión ambiental, social y económica, también es un marco transversal que debe guiar la implementación de soluciones logísticas en la Amazonía, garantizando que las mejoras en conectividad no comprometan la integridad ecológica ni los derechos de las comunidades indígenas.

Por todo lo anterior, se inicia la investigación con la siguiente pregunta: ¿Cómo puede SATENA y las empresas emergentes de drones en Colombia generar una estrategia para mejorar la logística en la región Amazónica, optimizando la distribución de recursos esenciales y fortaleciendo la conectividad regional que se ha dado en los años 2022 al 2024 de manera sostenible y eficiente?

Con el objetivo general de proponer una mejora en la logística de distribución y conectividad de productos sanitarios en la región Amazónica por medio de SATENA y empresas de drones emergentes de Colombia bajo el concepto de última milla.

Por lo tanto, la presente investigación pretende plantear el diseño de un sistema de distribución de productos sanitarios que utilice drones controlados por SATENA, enfocado en zonas estratégicas de la Amazonía colombiana. La propuesta contempla un esquema logístico de última milla, bajo un enfoque sostenible y adaptado a las condiciones geográficas y culturales del territorio. Se propone desarrollar un modelo operativo que integre la tecnología de drones, la gestión estratégica basada en la normativa vigente, y la participación activa de las comunidades indígenas y actores locales, con el objetivo de reducir las barreras de acceso a servicios de salud y promover un desarrollo socioambiental responsable.

La iniciativa se alinea con el Plan PATIS, promoviendo una conectividad intermodal que minimice el impacto ecológico y maximice la eficiencia del transporte. Esto permitirá no solo mejorar la disponibilidad de insumos médicos y sanitarios, sino también sentar las bases para futuras aplicaciones logísticas innovadoras en la región, fomentando una gestión de frontera más sostenible y resiliente frente a los retos de acceso y conservación ambiental.

[T1] Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo descriptiva inductiva a partir de la recolección de datos, aplicándose las técnicas de revisión bibliográfica, usando palabras claves para filtrar la revisión a casos que se asemejen a nuestro problema por medio de la biblioteca Clarivate Web Of Science y fuentes oficiales, con el fin de generar una estrategia para mejorar la logística de distribución y conectividad en la región Amazónica

como variable principal, analizando como se podría concebir, diseñar y articular por medio de SATENA y empresas de drones emergentes de Colombia a las necesidades logísticas y sociales de la región.

Descripción de la distribución de Recursos Médicos y Conectividad en la Amazonía Colombiana: El Rol de SATENA y Empresas de Drones (2022–2024)

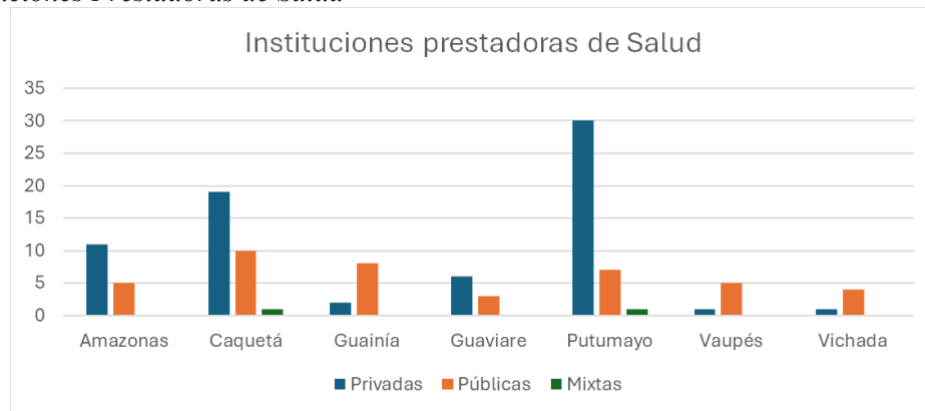
La Amazonía enfrenta limitaciones en vías y comunicación, caracterizadas por un déficit en infraestructura que dificultan el transporte y la conectividad entre sus poblaciones dispersas. Muchas carreteras están en mal estado o son inexistentes, restringiendo el acceso a servicios básicos para las comunidades. La dependencia de sistemas fluviales y aeroportuarios resalta las limitaciones de conectividad terrestre, ya que la mayoría de las poblaciones dependen de estos modos de transporte que son vulnerables a cambios climáticos y condiciones ambientales adversas. En este contexto, se inicia describiendo los recursos médicos con los que cuenta la región amazónica, al igual de como SATENA se incorpora en la cadena de suministros médicos y por último, que tecnologías permitirían aumentar la cobertura en la cadena logística, por medio de una ruta cualitativa descriptiva inductiva a través de palabras clave como lo son "drone medical delivery" y "remote areas".

Inicialmente, con respecto a los recursos médicos que cuenta la región amazónica, se tiene que la distribución de Instituciones Prestadoras de Salud (IPS), compuesta por los departamentos Amazonas, Vaupés, Putumayo, Caquetá, Guaviare, y Guainía, es la siguiente: en Amazonas hay 16 IPS (11 privadas y 5 públicas), en Caquetá 30 IPS (19 privadas, 10 públicas y 1 mixta), en Guainía 10 IPS (2 privadas y 8 públicas), en Guaviare 9 IPS (6 privadas y 3 públicas), en Putumayo 38 IPS (30 privadas, 7 públicas y 1 mixta), en Vaupés 6 IPS (1 privada y 5 públicas), y en Vichada 5 IPS (1

privada y 4 públicas) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2024), donde Inírida cuenta con el Hospital Departamental Intercultural Renacer de segundo nivel; Mitú cuenta con el Hospital San Antonio, de segundo nivel y complejidad baja y media, siendo la única IPS pública departamental. Leticia dispone del Hospital San Rafael de segundo nivel, y Puerto Leguízamo con el Hospital María Angelines, de niveles 1 y 2. Por otro lado, en La Pedrera, Tarapacá, La Chorrera y Araracuara no se identifican hospitales, solo puestos de salud; estas últimas localidades del Amazonas solo están conectadas con Leticia por vía aérea o fluvial.

Figura 1

Instituciones Prestadoras de Salud



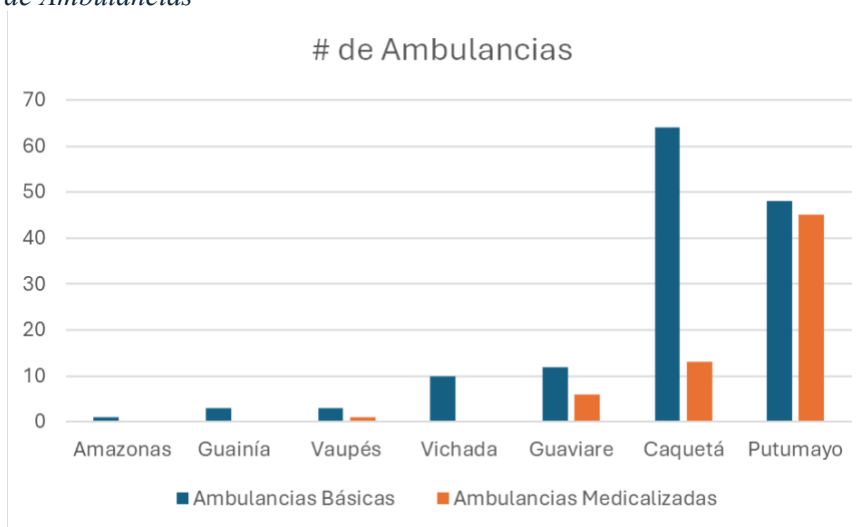
Nota. Grafica de Instituciones de Salud en la región Amazonica elaboración propia, tomado de (Ministerio de Salud y Protección Social, 2024)

Por otro lado, los recursos médicos, tanto humanos como materiales son limitados, afectando la intervención en emergencias de salud pública a sus habitantes (Oscar, et al., 2019). Es así como el departamento del Amazonas cuenta con 01 ambulancia básica, el Guainía con 03 ambulancias básicas, el Vaupés con 03 ambulancias básicas y 01 medicalizada, el Vichada con 10 ambulancias básicas, el Guaviare con 12 ambulancias básicas y 06 medicalizadas, El Caquetá con 64 ambulancias básicas y 13 medicalizadas, y el putumayo con 48 ambulancias básicas y 45 medicalizadas, lo que permite evidenciar que en Guainía y Amazonas presentan un marcado déficit de ambulancias con relaciones por debajo de 1 por 10.000 habitantes, ocupando el último lugar Amazonas con una razón

de 0,12 por cada 10.000 habitantes (Ministerio de Salud y Protección Social, 2024). Así mismo, la distribución de camas de cuidado intensivo en la región amazónica de Colombia es bastante limitada, en particular los departamentos de Guaviare, Vichada, Vaupés, Guainía y Amazonas no cuentan con camas de cuidado intensivo, lo que representa un desafío significativo para la atención de salud en ese área (Ministerio de Salud y Protección Social, 2024).

Figura 2

Número de Ambulancias



Nota. Numero de ambulancias en la región Amazónica, elaboración propia en base al Análisis de Situación de Salud Colombia 2022, (Ministerio de Salud y Protección Social, 2024)

En este panorama, para el año 2023 se pudo observar que para la región Amazónica se tenía los siguientes porcentajes de cobertura en afiliación a los sistemas de salud de su población, para el cual se tomó Bogotá como un punto de referencia para su comparación, encontrándose que en su mayoría la afiliación es de régimen subsidiado (Ministerio de Salud y Protección Social, 2024):

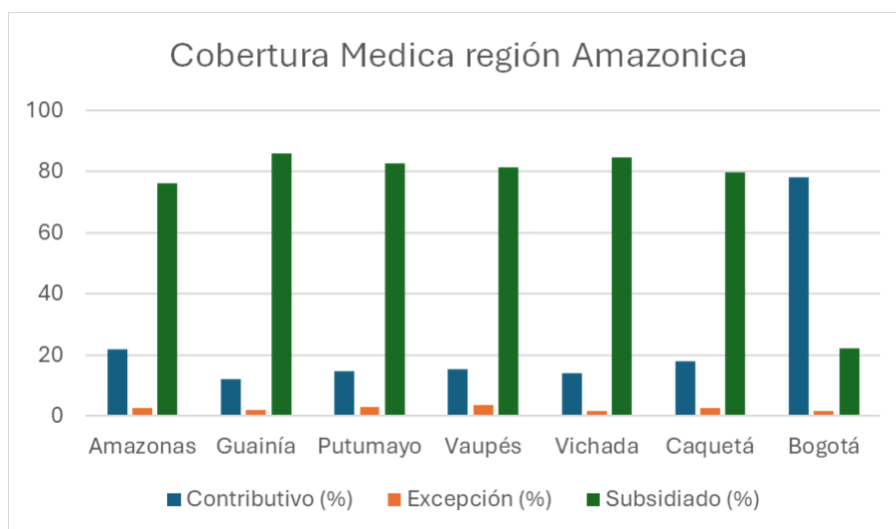
- En el departamento del Amazonas, una afiliación al Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) contributivo de un 21,66%, al régimen de excepción una afiliación de 2,56% y a una afiliación a régimen subsidiado de 76,28%.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

- En el departamento de Guainía, una afiliación al SGSSS contributivo de un 11,99%, al régimen de excepción una afiliación de 1,95% y a una afiliación a régimen subsidiado de 86%.
- En el departamento del Putumayo, una afiliación al SGSSS contributivo de un 14,71%, al régimen de excepción una afiliación de 2,77% y a una afiliación a régimen subsidiado de 82,58%.
- En el departamento del Vaupés, una afiliación al SGSSS contributivo de un 15,23%, al régimen de excepción una afiliación de 3,51% y a una afiliación a régimen subsidiado de 81,32%.
- En el departamento del Vichada, una afiliación al SGSSS contributivo de un 14%, al régimen de excepción una afiliación de 1,65% y a una afiliación a régimen subsidiado de 84,51%.
- En el departamento del Caquetá, una afiliación al SGSSS contributivo de un 17,87%, al régimen de excepción una afiliación de 2,58% y a una afiliación a régimen subsidiado de 79,76%.
- En Bogotá, una afiliación al SGSSS contributivo de un 78,2%, al régimen de excepción una afiliación de 1,71% y a una afiliación a régimen subsidiado de 22,28%.

Figura 3

Cobertura Médica región Amazónica elaboración



Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Nota. Cobertura Médica de las poblaciones en la región Amazónica, elaboración propia, tomado de (Ministerio de Salud y Protección Social, 2024)

Bajo el contexto anterior, se observó que las principales áreas que se benefician de estos recursos son las cabeceras municipales, tales como Inírida, Mitú, Leticia, y Puerto Leguizamo, ya que las diferentes comunidades indígenas, y sitios como La Chorrera, Araracuara y la Pedrera no cuentan con infraestructura médica, haciendo necesario jornadas de apoyo médicas.

Por otro lado SATENA, aerolínea que llega a la región Amazónica y opera bajo la Ley 1427 de 2010, tiene como objeto principal la prestación de servicios de transporte aéreo de pasajeros, correo y carga tanto a nivel nacional como internacional. Es así que SATENA busca integrar las regiones menos desarrolladas con los centros económicos del país, contribuyendo al desarrollo social y cultural.

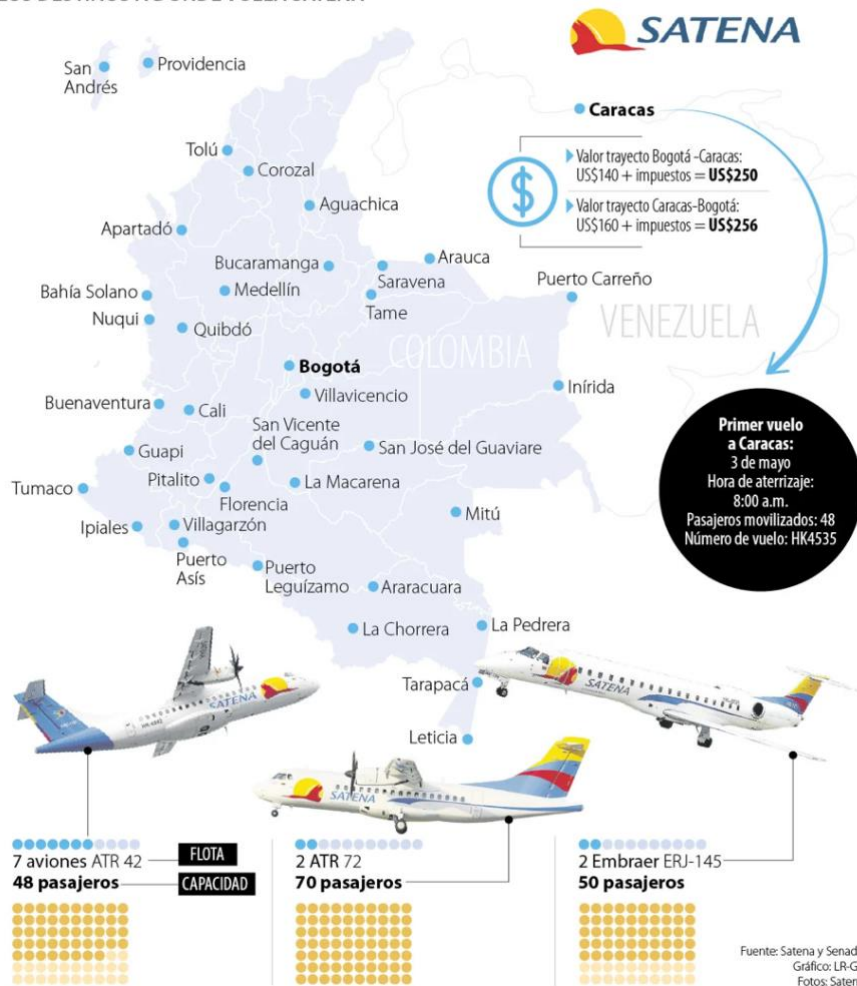
En la ilustración 5 se muestra las rutas operativas registradas en la gestión de SATENA durante el año 2024 (SATENA, 2025), y la cual deja ver que para la región Amazónica se tienen vuelos en:

- Inírida
- Mitú
- San José del Guaviare
- La Macarena
- Puerto Leguizamo
- Araracuara
- La Chorrera
- La Pedrera
- Tarapacá
- Leticia

Figura 4

Destinos a donde vuela SATENA

LOS DESTINOS A DONDE VUELA SATENA



Nota. Los Destinos a donde vuela SATENA, tomado de <https://www.larepublica.co/empresas/en-satena-ademas-de-mas-inversion-planeamos-cerrar-2023-con-una-ruta-a-ecuador-3589982>

En el informe de gestión de SATENA, se describe que durante el año 2024 se programaron un total de 34.189 vuelos, con un promedio mensual de 2.975 vuelos, lo que indica una operación constante y regular de servicios aéreos, donde las agencias de Leguizamo y Mitú reportan que los medicamentos que llegan a las ciudades se realizan a través de SATENA, permitiendo ver la importancia de SATENA en la cadena logística de medicamentos para la región amazónica, siendo

la única aerolínea que opera en Puerto Leguizamo, Mitú, Araracuara, La Chorrera, La Pedrera y Tarapacá.

Como tercer lugar, se evidencia que la región Amazónica tiene más de 40 comunidades indígenas, las cuales mediante la Ley 691 de 2001 regula su participación en el Sistema General de Seguridad Social en Salud, para garantizar su derecho al acceso a servicios de salud con respeto a su diversidad étnica y cultural. Esta ley establece principios para asegurar su integridad cultural y promover su desarrollo. También contempla la creación de Administradoras Indígenas de Salud y exenciones en costos para asegurar que los beneficios lleguen efectivamente a las comunidades indígenas (Ministerio de Salud, 2001). La Resolución 050 de 2021 adopta un capítulo que reconoce y promueve la salud de los pueblos y comunidades indígenas, buscando el acceso y participación en los servicios de salud y un marco para que las comunidades indígenas gestionen sus propios servicios de salud, fortaleciendo su autonomía (Ministerio de Salud, 2021).

En este contexto el sistema de salud Colombiano busca incrementar la cobertura para pueblos indígenas como los Nukak quienes aunque tienen afiliación médica, no se les garantiza un acceso real y adecuado, especialmente en territorios rurales y áreas aisladas. La cedula, sistema necesario para su inclusión, son problemáticas debido a la naturaleza nómada de los Nukak y su cultura, que no se alinean con las estructuras sociales normales. Además, las barreras culturales y logísticas complican aún más su integración en el sistema de salud, destacando la necesidad de un enfoque más universal y adaptado a su estilo de vida y realidad (Montana, 2023). Fue por ello que durante la pandemia de COVID-19, donde solo hay un hospital público en Leticia para cerca de 80,000 personas, los líderes de comunidades como Nonuya, Miraña y Bora, buscaron fortalecer sus redes de salud mediante la formación de agentes comunitarios y la construcción de puestos de salud locales (Infoamazonia, 2023). Fue así que, el boletín del Sistema de Monitoreo Territorial (SMT) de la Organización Nacional Indígena de Colombia (ONIC) señaló que la cobertura de vacunación contra

el COVID-19 fue notablemente baja. De los municipios con población indígena en esta región, el 89% reportó esquemas de vacunación completos inferiores al 50%, donde fue evidente que las comunidades enfrentaron desafíos para acceder a la vacunación, y se manifestaron niveles de desconfianza hacia el plan nacional de vacunación (ONIC, 2022).

Esto evidencia que, aunque las comunidades indígenas están afiliadas al sistema de salud colombiano, el acceso a los servicios de salud es complicado, ya que los centros médicos se encuentran en las cabeceras municipales, lejos de los asentamientos de las diferentes comunidades. Además, las vías de comunicación son escasas, predominando las rutas fluviales, lo que hace que los desplazamientos hacia el centro de salud más cercano puedan durar entre 4 horas y 3 días.

Por último, en Colombia comienza a ganar terreno la implementación de drones, vehículos aéreos no tripulados que transportan mercancías. Se destaca las ventajas al simplificar el proceso logístico y permitir entregas de carga ligera y pesada rápidas, especialmente en áreas de difícil acceso, bajo el RAC 100, quien establece normativas específicas para su uso (Instituto Educativo Aeronáutico de Colombia, 2023). Comercialmente se cuenta con drones de varias casas fabricantes, como lo es el DJI Fly Cart 30, diseñado para entregas de cargas de hasta 40 kg y el cual puede alcanzar alturas de 6.000 metros (Sky Motion, 2024).

La entrega de medicamentos con drones en Colombia durante la pandemia de COVID-19, fue impulsado por José Alejandro Otero, un migrante venezolano. El dron "Scrander desarrollado para llevar medicinas se proyecta para entrar al mercado de Corea del Sur mediante un convenio con una startup local (Voz de America, 2022).

Igualmente, la empresa colombiana de drones Orkid ha diseñado un sistema para la entrega de productos médicos en Colombia, México y Brasil, con el objetivo de reducir los tiempos de entrega de carga, especialmente en áreas rurales donde el acceso es limitado. Esto permitirá el transporte de

dispositivos médicos, muestras de laboratorio y medicamentos, optimizando el uso de espacios en hospitales y mejorando la atención médica en situaciones críticas (El Hospital, 2024). Por el momento esta es la única empresa certificada por parte de la Aeronáutica Civil para realizar operaciones de transporte de carga.

A nivel mundial, a través de una búsqueda cualitativa inductiva, se lograron encontrar 16 estudios, filtrados a través de las palabras clave "*drone medical delivery*" y "*remote areas*", con el fin de encontrar similitudes con el fenómeno a estudiar, que permitan entender procesos, cambios y experiencias (Hernandez Sampier, 2018, p. 422) para ser aplicados a la región amazónica Colombiana. A continuación, se describen algunos ejemplos destacados:

- En África subsahariana, al tener regiones rurales, montañosas y falta de carreteras adecuadas y transporte eficiente, países como Ruanda y Ghana sufrían retrasos significativos en la entrega de insumos médicos críticos, como sangre y vacunas, donde empresas como Zipline establecieron una red de drones para realizar entregas rápidas y confiables, llevando productos médicos directamente a clínicas rurales (Stierlin, Risch, & Risch, 2024).
- En Puerto Rico, tras el huracán de 2017, muchas áreas quedaron aisladas por inundaciones y daños en la infraestructura vial, dificultando la distribución de medicamentos y muestras de laboratorio, a lo que resolvieron desplegando drones para acceder rápidamente a las zonas afectadas y transportar suministros médicos, manteniendo la continuidad en la atención sanitaria durante la emergencia (Stierlin, Risch, & Risch, 2024).
- En España (Valencia), durante períodos de alta demanda sanitaria, como la pandemia de COVID-19, la distribución de recursos médicos se vio saturada y muchas veces limitada por las restricciones de movilidad y contagio, por lo que se desarrolló una red logística basada en vehículos aéreos no tripulados para entregar material médico crítico rápidamente en entornos urbanos y suburbanos, minimizando el contacto humano y acelerando la entrega de insumos en hospitales y centros de salud (Stierlin, Risch, & Risch, 2024).

- En Filipinas en la emergencia post-Tifón Haiyan en 2013, la ausencia de información precisa y rápida dificultaba organizar los esfuerzos de ayuda y distribución de recursos médicos, por lo que se utilizaron drones para vigilancia aérea y recolección de datos en zonas de desastre, facilitando la planificación y ejecución de operaciones médicas y de socorro, mejorando la eficiencia y seguridad de las intervenciones (Imran , et al., 2021).

Finalmente, se puede evidenciar que la distribución de recursos medicinales, vacunas, insumos y personal de salud se realiza mediante una estrategia intermodal en la región Amazónica, donde SATENA actúa como eje de transporte aéreo entre las capitales del país con cabeceras municipales, para posterior ser transportadas con las rutas fluviales y terrestres gestionadas por otras instituciones y actores, fortaleciendo la cobertura sanitaria integral, sin que se use aún la capacidad tecnológica de los drones, como lo es en varios sitios alrededor del mundo.

Comparación de la distribución de recursos hospitalarios: SATENA y empresas de drones en la Amazonía colombiana frente a experiencias internacionales.

Con el fin de comparar la distribución de recursos que se realiza en Colombia con experiencias internacionales, es importante mencionar que la logística para la distribución de medicamentos realizada por SATENA cumple normativas nacionales e internacionales. Asimismo, el transporte de productos farmacéuticos exige el embalaje especial y el respeto a los protocolos nacionales de cadena de frío, trazabilidad y control sanitario en cumplimiento a las regulaciones IATA (IATA, 2021). Fue así que, durante la atención de la emergencia del COVID-19, la distribución de recursos médicos se dio por parte de SATENA bajo un Contrato Interadministrativo en apoyo al

Ministerio de Salud, destinados exclusivamente al transporte de carga prioritaria (vacunas para COVID-19) y personal autorizado (Ministerio de Salud y Protección Social, 2023), (SATENA, 2025).

En este contexto, es importante mencionar que existe la teoría de "última milla" (last mile delivery, LMD) la cual se refiere a la fase final del proceso de distribución en la cadena de suministro, donde los paquetes llegan desde un centro de distribución hasta la ubicación final del cliente. Este tramo es el más costoso y desafiante debido a factores como la congestión urbana, la diversidad de destinos, y la necesidad de entregas rápidas y eficientes. Históricamente, la última milla ha sido vista como la parte más costosa y compleja del proceso logístico, lo que ha motivado el desarrollo e innovación en soluciones como camiones autónomos, lockers inteligentes y en últimos años, el uso de drones y otros vehículos no tripulados (Schmidt & Saraceni, 2024).

Los conceptos que han contribuido al desarrollo de la teoría de “last mile”, especialmente en el contexto de la optimización y el aprendizaje de rutas realistas y eficientes, se basan bajo el Problema del Viajante TSP (Traveling Salesman Problem), siendo una base teórica desde principios de la década de 1950 para estudiar rutas óptimas en logística. La introducción de variantes como el “**Experience-Driven TSP (ED-TSP)**” surge de entender que las rutas de conductores experimentados no siempre son las óptimas matemáticamente, sino que reflejan decisiones basadas en conocimientos tácitos, condiciones del entorno y experiencia práctica (Jun & Arslan, 2025). Es así que durante los últimos años, debido a la expansión del comercio electrónico y las emergentes preocupaciones medioambientales, la última milla ha evolucionado hacia enfoques más sostenibles y adaptativos como ADL (Alternative Delivery Locations, o ubicaciones alternativas de entrega) (Pourmohammadreza, Akbari, & Woensel, 2025).

Es así que el concepto de la última milla aplicado mediante drones se enfoca en mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las entregas en áreas urbanas, suburbanas y rurales. El uso de drones

permite superar obstáculos como el tráfico y rutas difíciles de acceder. Además, los drones pueden ser utilizados en situaciones de emergencia o en entregas urgentes. Integrar drones en modelos de última milla, junto con otros modos de transporte, contribuye a reducir la congestión y mejorar la calidad del aire (Babae, Cakmak, & Karadayi, 2023).

En el contexto de la distribución de servicios médicos mediante drones, se enfoca en el transporte de los suministros médicos desde un punto de distribución principal (como un centro de salud o un almacén) hasta las comunidades o instalaciones de atención en áreas de difícil acceso o remotas. El uso de drones en esta fase "de última milla" busca superar barreras geográficas y logísticas, permitiendo entregas rápidas y eficientes. Por ejemplo, en el noreste de India, los drones lograron reducir el tiempo de entrega de medicamentos en zonas montañosas o con caminos rurales sin pavimentar, optimizando la última etapa del proceso de distribución y garantizando que los materiales médicos llegaran de manera rápida y confiable a las comunidades alejadas (Aggarwal, et al., 2023). Sin embargo, la teoría de última milla, se aplica especialmente para zonas urbanas, ya que para zonas alejadas, donde no se tiene gran infraestructura, no se tienen desarrollado conceptos teóricos que ayuden para la toma de decisiones. Es por ello, que se acude en la metodología a la revisión cualitativa inductiva.

En este sentido, existen varios ejemplos donde se ha utilizado tecnología de drones para entregar servicios médicos en áreas remotas o de difícil acceso. Algunos de los casos más destacados son los siguientes como se muestra en la Tabla 1 (Sharma & Sharma, 2023):

- **Proyecto "Medicines from the Sky" en Telangana, India:** Este programa, desarrollado en colaboración con el gobierno de Telangana, hospitales de Apollo y la Alianza Mundial de Vacunas, utiliza drones para distribuir vacunas, sangre y otros suministros médicos esenciales en áreas rurales y remotas del estado.

- **Entrega de vacunas en Meghalaya, India:** En 2021, en el estado de Meghalaya, un dron fue utilizado para entregar medicamentos a un centro de salud remoto en las colinas de West Khasi Hills. Este ejemplo es significativo porque mostró cómo los drones pueden entregar medicamentos en lugares donde el transporte tradicional es muy difícil o lleva mucho tiempo, logrando cubrir aproximadamente 25 km en menos de 25 minutos.
- **Sistema "i-Drone" en Northeast India:** La India implementó el proyecto que busca mejorar la distribución de medicamentos, vacunas y muestras de diagnóstico en la región del noreste caracterizada por su geografía desafiante.
- **Entrega de productos médicos en África y América del Norte:** En otros casos, como en Ruanda, los drones de la compañía Zipline llevan vacunas, sangre y medicamentos a clínicas rurales, logrando mejorar la eficiencia en la cadena de suministro. Asimismo, en Canadá y Nepal, se han realizado envíos de suministros médicos mediante drones en situaciones de desastre o en áreas con infraestructura limitada.
- **Proyecto en Estados Unidos para emergencias:** Algunos desarrollos en Estados Unidos han demostrado la utilidad de drones en el transporte de desfibriladores automáticos externos (AED) en emergencias cardíacas, facilitando respuestas más rápidas en lugares públicos o en áreas de difícil acceso.

Estas empresas representan una variedad de aplicaciones y regiones geográficas, todas enfocadas en mejorar la distribución de medicamentos y productos de salud mediante tecnología de drones (Singh, Sinjana, & Pal, 2024). Efectuando un análisis de las anteriores empresas, se muestra una tabla del modelo de negocios y como adaptan sus operaciones a diferentes contextos:

Tabla 1

Modelo de negocio y adaptación a su contexto

Empresa	Modelo de negocio	Adaptación a diferentes contextos
Zipline	Compra y operación de drones especializados en entregas médicas.	Opera en países con infraestructuras limitadas, adaptando rutas y capacidades según necesidades locales
Matternet	Desarrolla y alquila plataformas de drones para entregas urbanas, con enfoque en hospitales y redes de salud.	Se adapta a entornos urbanos limitando rutas a zonas autorizadas, y en regiones rurales ajusta rutas para maximizar cobertura en áreas con infraestructura dispersa y limitada.
Wingcopter	Implementa drones multicapacidad para delivery en regiones remotas y rurales.	Modifica tipos de drones y rutas según el terreno (montañoso, agua, etc.).
Swoop Aero	Ofrece servicios de entrega dron en modelos de misión a contrato, enfocados en transporte de vacunas y medicinas.	Implementa operaciones en zonas con diferentes niveles de infraestructura, haciendo uso de flotas adaptadas y planificación flexible para responder a las condiciones geográficas y climáticas.
Skyports	Se especializa en gestionar infraestructura y espacio aéreo para operaciones de dron en entornos urbanos.	Se adapta mediante el diseño de infraestructuras modulares que se ajustan a las regulaciones locales y las necesidades del ecosistema urbano en diferentes ciudades del mundo.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Doctors Without Borders	Usa drones en misiones humanitarias para transportar muestras y medicamentos en regiones de difícil acceso.	Ajustan sus operaciones a las condiciones geográficas y climáticas de cada país, priorizando misión humanitaria y cumpliendo con las regulaciones locales y requisitos de carga.
Volansi	Enfoca sus operaciones en entregas de larga distancia con drones de alta carga para industrias y emergencias.	Personaliza sus rutas y capacidades según la distancia, condiciones meteorológicas y requisitos de carga del cliente.
Gavi Vaccine Alliance	Colabora con socios internacionales para distribuir vacunas mediante drones, financiando y coordinando logística en regiones con escasa infraestructura vial.	Ajusta sus entregas a las condiciones locales, optimizando rutas y capacidades de carga.

Nota. Modelo de negocio y adaptación a su contexto, tomado de Revolutionizing healthcare logistics: The strategic role of drone technology in blood bag deliveries for remote and emergency care (Singh, Sinjana, & Pal, 2024)

Así mismo se realiza una evaluación de la capacidad operativa y logística de las ocho empresas bajo el contexto de la distribución de medicamentos en la región amazónica de Colombia donde se analizó aspectos como la adaptabilidad a condiciones ambientales, infraestructura, alcance y regulación local (Singh, Sinjana, & Pal, 2024):

Tabla 2

Evaluación de capacidad Operativa y Logística

Empresa	Capacidad Operativa y Logística	Compatibilidad con la Región Amazónica de Colombia
---------	---------------------------------	--

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Zipline	Alta capacidad de entrega en áreas remotas; operaciones en zonas con infraestructura limitada; experiencia en entornos difíciles.	Alta compatibilidad: sus drones de largo alcance y capacidad en ambientes con infraestructura deficiente son adecuados. Sin embargo, la regulación local y la infraestructura de recarga deben ser consideradas.
Matternet	Operaciones urbanas y de zonas con infraestructura más desarrollada; flotas limitadas en alcance.	Moderada compatibilidad: principalmente diseñada para áreas urbanas; puede tener limitaciones en alcance en zonas remotas como la amazonia.
Wingcopter	Drones multicapacidad con alcance extendido y adecuado para zonas rurales.	Alta compatibilidad: su alcance y flexibilidad en terrenos remotos son ideales, pero la operación en clima húmedo y lluvioso debe evaluarse.
Swoop Aero	Servicios en zonas rurales y de difícil acceso; adaptabilidad a diferentes entornos.	Alta compatibilidad: experiencia en regiones similares, capacidad de operar en condiciones adversas y en lugares con infraestructura limitada.
Skyports	Infraestructura urbana para entregas en entornos controlados.	Baja compatibilidad: enfocados en zonas urbanas y de alta densidad, menos aptos para la dispersión y tamaño de la región amazónica.
Doctors Without Borders	Uso en misiones humanitarias en zonas de difícil acceso, adaptándose a entornos variados.	Alta compatibilidad: experiencia en el uso de drones en entornos de alta dificultad sanitaria y geográfica, relevante para la región amazónica.

Volansi	Entregas de larga distancia con drones de alta capacidad de carga.	Alta compatibilidad: capaces de cubrir largas distancias en condiciones adversas, siempre que las condiciones climáticas sean adecuadas y las rutas estén bien planificadas.
Gavi Vaccine Alliance	Distribución en zonas con infraestructura limitada, centrada en vacunas.	Alta compatibilidad: su experiencia en entregas en regiones con bajos recursos y accesibilidad limitada es favorable, pero requiere adaptación logística para condiciones específicas.

Nota. Evaluación de capacidad Operativa y Logística, elaboración propia, tomado de Revolutionizing healthcare logistics: The strategic role of drone technology in blood bag deliveries for remote and emergency care (Singh, Sinjana, & Pal, 2024)

En el contexto de Colombia, varias empresas emergentes están innovando (FERIA INTERNACIONAL INDUSTRIAL DE BOGOTÁ, 2024) con tecnologías relacionadas con drones para diversos sectores. Algunas de las principales empresas y startups relevantes en esta área son (Valencia, et al., 2022):

- **Rappi** Aunque no es una startup de drones en el sentido tradicional, Rappi ha experimentado con entregas con robots y drones en ciudades como Medellín. Durante la pandemia, implementó drones para entregas de medicamentos y otros productos, en colaboración con empresas tecnológicas y gubernamentales.
- **Kiwibot** Es una startup colombiana que ha desarrollado robots de delivery, y en algunos casos ha explorado la integración con drones para entregas en áreas urbanas. Tiene presencia en varias ciudades del país, principalmente en Medellín, y busca optimizar la cadena de suministro.

- **ORKID:** Es una empresa colombiana pionera en el desarrollo de aeronaves diseñadas para entregar productos. Su dron tiene un alcance de 120 kilómetros, permitiendo conectar zonas urbanas con áreas remotas.

Al momento de la investigación ninguna empresa de las mencionadas anteriormente tiene establecido el negocio de entrega de carga por medio de drones, sin embargo, en Colombia la distribución de carga mediante drones debe tener rutas previamente aprobadas por la Aerocivil, asegurando la seguridad y conformidad legal del proceso. La operación implica que la aeronave sigue una ruta trazada y aprobada, regresando al punto de origen tras completar la entrega. La única empresa certificada para realizar este tipo de entrega de carga es ORKID (Leguizamon, 2022).

Por último se realiza un análisis de matriz DOFA (debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas), con el fin de que SATENA pueda adquirir drones abarcando el espectro de la oferta internacional y nacional, y así poder realizar entrega de suministros bajo el concepto de ultima milla en zonas apartadas del país:

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Fortalezas	Oportunidades
Existencia de Tecnología probada y en evolución: Empresas internacionales como Zipline, Matternet, Wingcopter y Swoop Aero ofrecen soluciones ya testadas en diferentes entornos.	Expansión en áreas rurales y remotas: Empresas internacionales y nacionales ofrecen modelos que permiten ampliar la cobertura de servicios en zonas de difícil acceso para ser explotados por SATENA.
Existencia de servicios al sector salud y logística: Empresas nacionales como ORKID desarrollan drones ajustados a necesidades específicas y a escala local.	Innovación tecnológica y regulación favorable en algunos países: Entrada a mercados con normativas avanzadas y regulaciones abiertas.
Potencial de integración con planes de infraestructura y salud: La tecnología puede complementar los esfuerzos en mejorar el acceso a zonas rurales y aisladas, y optimizar costos.	Tecnología existente en Colombia: Se tiene ya la existencia de tecnología colombiana disponible para ser usada por parte de SATENA.

Debilidades	Amenazas
Reticencia regulatoria y social: Resistencia en algunas comunidades a la operación de drones.	Barreras normativas y regulatorias: Cambios en leyes que puedan restringir o retrasar operaciones.
	Competencia en el mercado internacional y local: Otras organizaciones que buscan soluciones similares.
	Riesgo de obsolescencia tecnológica: Necesidad de actualización continua; alta inversión en innovación.

Factores socio-políticos y económicos: Conflictos, inestabilidad o cambios en políticas públicas pueden limitar operaciones.

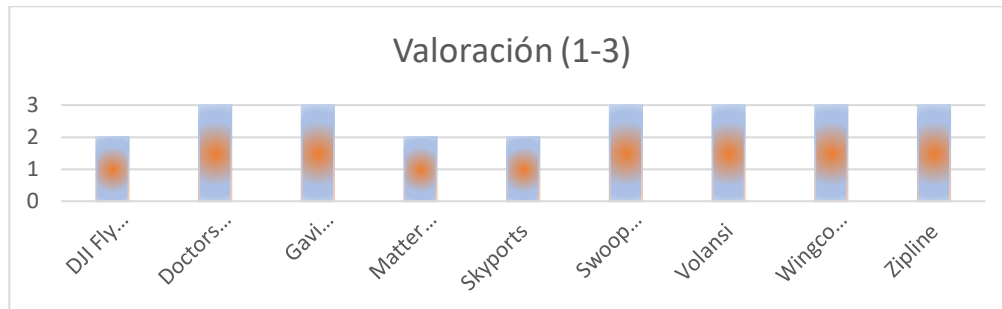
Propuesta de estrategia para optimizar la distribución de bienes y la conectividad regional en la Amazonía colombiana.

Una vez descrito que la región Amazónica presenta desafíos geográficos, climáticos y de infraestructura que dificultan el acceso a servicios médicos, donde se requirieren soluciones logísticas para áreas remotas y con baja infraestructura. Se propone aumentar el alcance de la distribución de suministros médicos por medio de Drones operados por la empresa estatal SATENA, con capacidades de carga por encima de 1.5 y 9 kg, ya que son adecuados para transportar vacunas, medicamentos y muestras médicas, cubriendo distancias entre 75 a 120 km, adaptándose a condiciones adversas de humedad y lluvias frecuentes. Es esencial una planificación flexible y operación intermodal para poder obtener el mayor beneficio, integrando drones con transporte fluvial y terrestre.

A continuación, se muestra una gráfica de comparación, entre las opciones internacionales encontradas, de adaptación al terreno y medio ambiente selvático entre los diferentes tipos de drones, dándole a cada uno una valoración de 1 a 3, siendo 1 malo, 2 aceptable, y 3 bueno.

Tabla 3

Valoración opciones internacionales



Nota. Valoración opciones internacionales, elaboración propia tomado de (Singh, Sinjana, & Pal, 2024)

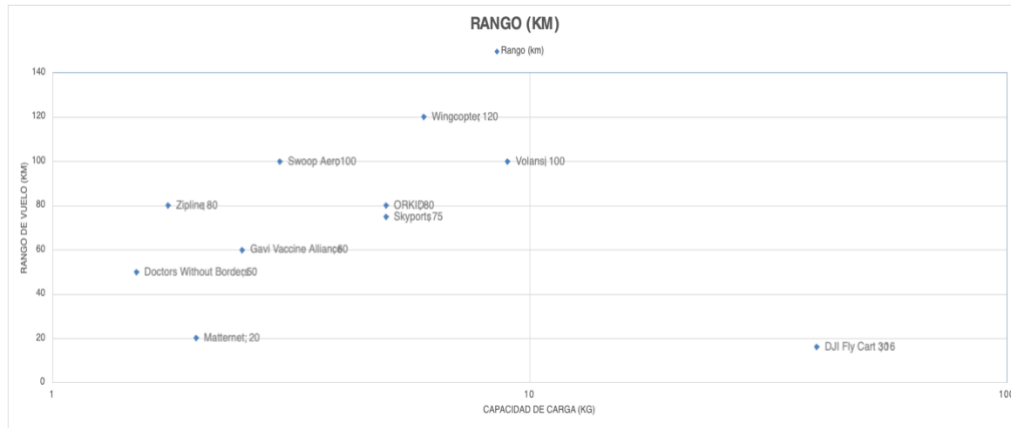
Donde se puede evidenciar que la mayoría de los drones poseen buenas capacidades de adaptación climáticas, solo estando por debajo:

- **Matternet:** Limitada a entornos urbanos menos adversos; principalmente diseñado para áreas urbanas y con alcance limitado en zonas remotas, lo que puede afectar su desempeño en condiciones climáticas difíciles como en la Amazonia.
- **Skyports:** Diseñado para entornos urbanos con infraestructura controlada, resulta con una baja compatibilidad para zonas dispersas como la región amazónica, lo que limita su capacidad para operar eficazmente en esas condiciones climáticas adversas.
- **DJI Fly Cart 30:** Aunque incorpora sensores avanzados para vuelo seguro, su adaptación aún es limitada para condiciones extremadamente adversas de viento, con una limitante de 12 metros por segundo o 23 nudos.

Así mismo, se muestra una gráfica donde se mide la distancia vs carga que puede transportar cada dron, siendo el eje x la capacidad de carga con una elongación logarítmica, y donde para este caso, se incluye la ya certificada empresa Colombiana ORKID:

Tabla 4

Rango de acción



Rango de acción de las diferentes opciones, elaboración propia, tomado de (Singh, Sinjana, & Pal, 2024)

De la gráfica anterior, se puede evidenciar que drones entre 5 a 10 kilogramos con un rango superior a 75 kilómetros permite el transporte de mercancías medicas en la región amazónica, donde las empresas que mayor se ajustan a las necesidades de capacidad de carga y rango de operación se describen a continuación:

- Skyports: Gestiona infraestructura para drones en entornos urbanos también, pero su capacidad de 5 kg y alcance de 75 km podría ser útil en hubs regionales o ciudades amazónicas.
- Volansi: Cuenta con drones de alta capacidad (9 kg) para entregas de larga distancia, eficientes para emergencias o grandes cargas en zonas con infraestructuras precarias.
- Swoop Aero: Opera en países con condiciones remotas similares a la Amazonía, con capacidad de 3 kg y rango de 100 km, entregando vacunas y suministros médicos en zonas aisladas.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

- Wingcopter: cuenta con drones que tienen una capacidad de carga de hasta 6 kg y un rango de operación de aproximadamente 120 km. Estos drones están diseñados para realizar entregas en regiones remotas y rurales, siendo especialmente adecuados para transportar vacunas y suministros médicos en zonas de difícil acceso
- Orkid: Cuenta con drones con capacidad de carga desde 1 a 5 kg en un rango de operación de 80 km, siendo la única empresa Colombiana certificada por la Aeronáutica Civil para realizar entrega de carga.

Una vez revisada la industria aeronáutica, un aspecto importante en la parte local es la legislación Colombiana (IDC, 2023), donde la operación de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS) está regulada por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC), entidad que ha incorporado el RAC 100 y modificaciones al RAC 91 para establecer un marco legal. Estas regulaciones aplican a todo tipo de operadores, sean personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que desarrollen operaciones de drones tanto con fines comerciales como sin ánimo de lucro.

El RAC 100 clasifica los drones por peso:

- Clase A: hasta 250 gramos.
- Clase B: entre 250 g y 25 kg.
- Clase C: más de 25 kg (requiere autorización especial).

El reglamento establece que la planificación de cada operación aérea debe considerar la clasificación y restricciones del espacio aéreo, y requiere la autorización previa para vuelos de categoría específica mediante solicitud formal detallada con información operativa y administrativa, así como establece limitantes de vuelos hasta 400 pies (120 metros) de altura, y requiere de permisos especiales si se operan drones más allá de la línea de vista. Es aquí donde los drones que sean operados

en Colombia deben contar con su respectiva aprobación por parte de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC), donde la mayoría de los drones encontrados están entre las clases B y C.

Por otro lado, se analizan las limitaciones tecnológicas, incluyendo la infraestructura de comunicación y la disponibilidad de energía, que podrían afectar la operación de drones. Sin embargo, aunque la mayoría de los drones revisados, no requieren una infraestructura especial, y tienen rangos de operación de más de 75 kilómetros, siendo ya operados en zonas sin gran infraestructura, se puede inferir los siguientes aspectos para ser tenidos en cuenta a la hora de iniciar una operación:

- **Uso de bandas de frecuencia y conectividad:** En la región amazónica la cobertura celular puede ser limitada o inexistente en varias zonas remotas, lo que dificultaría estrategias de redundancia como lo describen Israel Quintanilla (Quintanilla , Vera, Alcaraz, Vidal, & Fernández, 2021). Por otro lado, la necesidad de infraestructura terrestre dedicada, como estaciones de relé o "vertiports", puede ser complicada debido a la geografía y la falta de infraestructura en la Amazonia.
- **Seguridad y robustez:** Se destaca en que la seguridad de la comunicación (Quintanilla , Vera, Alcaraz, Vidal, & Fernández, 2021), es un aspecto clave para la operación de drones, requiriendo redes robustas capaces de mantener el control y transmisión de datos. La ausencia de una infraestructura confiable en la Amazonia puede incrementar el riesgo de pérdida de enlace o vulnerabilidad ante interferencias.
- **Actualización frecuente de rutas y navegación:** La limitación en la comunicación puede dificultar la transmisión en tiempo real de información de rutas, lo que repercute en la planificación y seguridad de las operaciones.

- Coordinación y control de múltiples drones en el mismo espacio aéreo: Se requiere la necesidad de capacidades tecnológicas avanzadas para coordinar drones cooperativos y no cooperativos en un espacio compartido, lo cual será un desafío la región amazónica por su baja infraestructura.

Con lo anterior, se identifican posibles rutas para las entregas que maximicen la eficiencia y minimicen los costos utilizando una combinación de drones y transporte aéreo convencional, conectando el centro del país con aeródromos en la región amazónica, y posterior utilizar el concepto de última milla, para transportar los insumos en las zonas y resguardos indígenas.

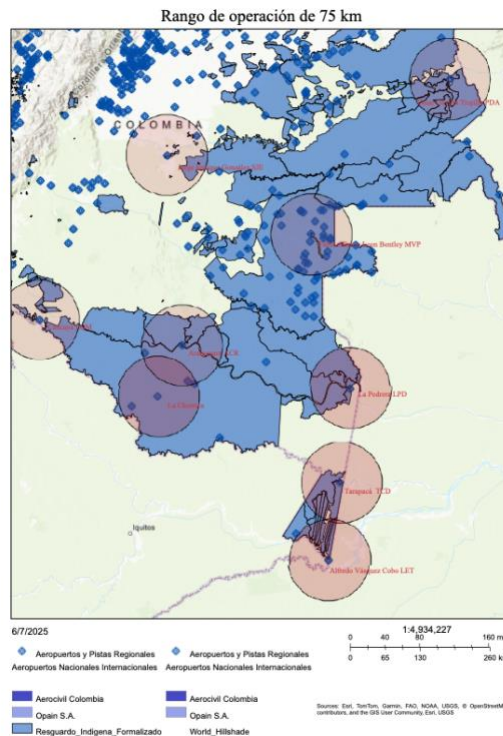
SATENA, quien opera actualmente en 9 aeródromos ubicados en la región amazónica de colombiana, puede extender su rango de operación, al usar estos aeródromos como puntos de lanzamiento para los drones.

Es así que se realiza una graficación por medio de ArcGIS, para poder establecer las posibles rutas y capacidades de cubrimiento por parte de drones operados por SATENA, tomando los resguardos Indígenas Legalizados de Colombia a través de Colombia en mapas (IGAC, 2025), y del Mapa de los Aeropuertos y pistas de Aterrizaje de Colombia, actualizado a 2017 (ARCGIS, 2019), donde se midió el rango de acción de 75 km, en el que podría cubrir aproximadamente el 25% del área total de los resguardos indígenas en la región amazónica, que equivale a cerca de 7.680.752 hectáreas de un total de 30.874.999 hectáreas. Al aumentar el rango de operación con drones de 100 km, la cobertura se incrementa a aproximadamente un 30%, y con drones de 125 km de alcance se logra cubrir alrededor del 53% del área de los resguardos indígenas. Esta evidencia gráfica permite visualizar el impacto potencial de los diferentes equipos de drones en la conectividad y atención logística de estas zonas remotas. Así mismo se pudo identificar que en la amazonia existen las siguientes rutas de bajo nivel (W17, B689, A301, R567, W13, W17, W88, V714, V707), las cuales

tienen una altitud mínima de 5000 pies, así como también, existen aeronaves que vuelan en condiciones visuales por fuera de estas rutas, especialmente aeronaves de bajo performance. Aún con lo anterior, teniendo en cuenta que los drones volarían por debajo de los 400 pies, el único desafío es la coordinación del despegue y aterrizaje en aeródromos controlados y no controlados, algo que no sería nuevo para la aviación colombiana, ya que la FAC (Fuerza Aeroespacial Colombiana) y las entidades de la aeronáutica civil, tienen una larga experiencia en combinación de operaciones por parte de aeronaves tripuladas y no tripuladas en un mismo espacio aéreo, tal como se hace con el Scan Eagle operado por la FAC.

Figura 5

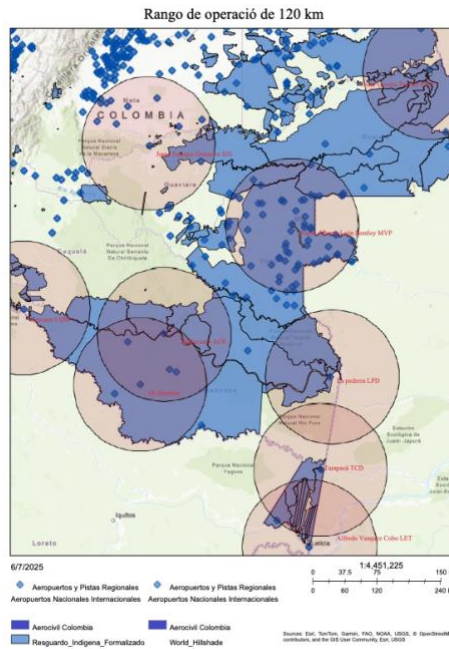
Cobertura de operación de drones con rango de 75 km



Nota. Cobertura de operación de drones con rango de 75 km, elaboración propia

Figura 6

Cobertura de operación de drones con rango de 120 km



Nota. Cobertura de operación de drones con rango de 75 km, elaboración propia

Una vez graficado, se analizan factores como viabilidad técnica, costo, impacto esperado en la comunidad y tiempo de entrega.

En este contexto, SATENA cuenta con nueve aeródromos en la región amazónica que pueden servir como puntos de lanzamiento para drones con rangos de operación de hasta 125 km, cubriendo aproximadamente el 53% de los resguardos indígenas.

Empresas internacionales como Zipline, Matternet, Wingcopter y Swoop Aero ofrecen tecnologías probadas en la entrega de carga mediante drones, con experiencia en entornos complejos.

Por otro lado, empresas nacionales como Orkid están desarrollando drones adaptados a las condiciones locales.

Coordinación de múltiples drones en el límite del espacio aéreo amazónico presenta desafíos técnicos importantes dada la poca infraestructura tecnológica, donde las regulaciones en Colombia obligan a que las rutas sean aprobadas por parte de la UAEAC. Al mismo tiempo, el uso de drones puede mejorar significativamente el acceso a servicios médicos en zonas rurales y aisladas, optimizando los costos y tiempos de entrega. Sin embargo, las comunidades indígenas presentan restricciones culturales hacia la medicina occidental y podrían rechazar el uso de drones si no se incluye una adecuada sensibilización y capacitación.

En esto último, se consideran los factores socioeconómicos y culturales, tales como la aceptación de la comunidad local y la capacitación necesaria para el uso de este tipo de tecnologías. Es así que se evidencio que las comunidades indígenas tienen una baja aceptación a la medicina occidental, donde prefieren realizar sus curaciones de acuerdo con sus enseñanzas y tradiciones ancestrales. Un caso para tomar como ejemplo es el modelo de salud para los pueblos indígenas del Putumayo SISPI (Sistemas Indígenas de Salud Interculturales) (El Espectador, 2021) basado en diálogo y respeto de los conocimientos ancestrales, por lo que cualquier tecnología debe ser introducida con la participación de las comunidades, respetando sus concepciones propias de salud y sus formas de conocimiento. Igualmente, la traducción cultural y lingüística es clave porque muchas comunidades que hablan sólo su idioma indígena y tienen conceptos de salud que no siempre tienen equivalentes en español ni en la medicina occidental. Por lo tanto, es vital que la tecnología no se perciba como una imposición externa sino como parte de un proceso intercultural. Para ello las comunidades requieren una formación que considere su cosmovisión y estilo de aprendizaje, promoviendo el intercambio intergeneracional. Por ejemplo, los conocimientos ancestrales fueron

transmitidos históricamente de forma oral, por lo que la enseñanza sobre el uso de drones debe ser adaptada a sus prácticas culturales.

No obstante, para una adecuada implementación del proyecto, se propone llevar a cabo pruebas de campo, donde se podría utilizar los siguientes indicadores para su evaluación:

- Cobertura geográfica: Porcentaje de resguardos indígenas y comunidades en la región amazónica cubiertas dentro del rango operativo de los drones (ejemplo: objetivo inicial cubrir al menos 25% de área de resguardos indígenas).
- Tiempo de entrega: Promedio de tiempo desde la solicitud hasta la entrega efectiva de medicamentos o insumos en comunidades remotas, comparado con métodos tradicionales de entrega.
- Tasa de entregas exitosas: Porcentaje de entregas completadas sin incidentes técnicos, logísticos o regulatorios, garantizando la integridad de la carga.
- Satisfacción y aceptación comunitaria: Nivel de aceptación y satisfacción de las comunidades beneficiadas mediante encuestas o entrevistas, evaluando percepción cultural, utilidad y confianza en el servicio.
- Costos operativos por entrega: Costo promedio de operación por entrega implementada, monitoreando eficiencia económica y posibilidad de escalamiento.
- Integración logística intermodal: Número de entregas realizadas en coordinación con otras modalidades de transporte (fluvial, terrestre, aéreo) mostrando la efectividad del modelo intermodal de SATENA.
- Mantenimiento y disponibilidad de drones: Tasa de disponibilidad operativa de la flota de drones y frecuencia de mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar continuidad del servicio.

Estos indicadores permitirán medir tanto aspectos técnicos como sociales y económicos, proporcionando una evaluación integral del éxito de la operación y facilitando ajustes continuos para mejorar la eficacia del programa.

Por último, se propone establecer estrategias de comunicación con las comunidades locales para fomentar la aceptación del proyecto y la participación en el mismo, se considera de vital importancia involucrar a líderes indígenas, agentes comunitarios de salud y organizaciones locales en la planificación y toma de decisiones, respetando sus saberes y cosmovisiones, así como adaptar mensajes y materiales informativos en los idiomas originarios, considerando las prácticas culturales y tradiciones comunicativas orales, para facilitar la comprensión y confianza, explicando claramente los objetivos, beneficios, riesgos y límites tecnológicos del proyecto, así como las medidas para proteger tradiciones y autonomía cultural, respetando y valorando el conocimiento tradicional en salud, mostrando que la tecnología es complementa y no reemplaza sus prácticas, para evitar percepciones de imposición externa.

La estrategia debe establecer mecanismos continuos para que las comunidades expresen dudas, preocupaciones o sugerencias para ajustar el proyecto según sus necesidades reales, compartiéndoles historias de éxito y experiencias positivas provenientes de comunidades similares donde el uso de drones ha tenido impacto favorable, trabajando junto con la Secretaría de Salud Departamental, Ministerio de Salud y entidades de la sociedad civil para fortalecer la credibilidad y respaldo institucional del proyecto.

Finalmente se propone realizar evaluaciones periódicas de la aceptación y ajustar estrategias comunicativas según la evolución del proyecto y la retroalimentación comunitaria.

Por último se establecen las siguientes recomendaciones para establecer colaboraciones con entidades gubernamentales y asociaciones locales que puedan apoyar y facilitar el proceso.

- **Identificación de Actores Clave:** Mapear y reconocer las entidades gubernamentales relevantes a nivel nacional, regional y local, como Ministerio de Salud, Secretaría de Salud Departamental, Alcaldías, y otras instituciones relacionadas con la gestión sanitaria y de transporte. Identificar asociaciones indígenas, organizaciones comunitarias y ONGs presentes en la región que tengan influencia y conocimiento del contexto local.
- **Establecimiento de Alianzas Basadas en Confianza y Respeto:** Promover un enfoque participativo y respetuoso hacia las organizaciones indígenas y comunidades, integrando sus perspectivas y tradiciones en las decisiones del proyecto. Garantizar el respeto a la diversidad étnica y cultural, cumpliendo con la normatividad vigente que protege los derechos de los pueblos indígenas en salud.
- **Formalización de Acuerdos de Colaboración:** Firmar convenios o memorandos de entendimiento que definan roles, responsabilidades, recursos y compromisos de cada parte, para asegurar un marco de trabajo claro y transparente.
- **Coordinación Interinstitucional:** Facilitar mesas de trabajo conjuntas periódicas para la planificación, seguimiento y evaluación del proyecto, integrando tanto a actores gubernamentales como a representantes comunitarios y técnicos.
- **Búsqueda de Apoyo Técnico y Financiero:** Gestionar recursos y asistencia técnica con entidades gubernamentales y organismos internacionales que promueven la innovación en salud y el desarrollo tecnológico. Aprovechar programas y fondos disponibles para proyectos de salud en zonas rurales o con acceso limitado, facilitando la sostenibilidad.

- Promover la Capacidad Local: Trabajar en conjunto para fortalecer capacidades locales mediante formación, tecnologías apropiadas y transferencia de conocimientos para garantizar la sostenibilidad de las soluciones.
- Comunicación Coordinada y Transparente: Establecer canales efectivos de comunicación entre las entidades involucradas para compartir información, resolver conflictos y alinear expectativas.
- Consideración de Normativas y Regulaciones Vigentes: Asegurar que todas las actividades cumplen con la legislación aeronáutica, sanitaria y social, trabajando en conjunto con las entidades respectivas para facilitar permisos y certificaciones necesarias.
- Inclusión de la Comunidad en la Gobernanza: Promover mecanismos de participación comunitaria en la gobernanza del proyecto, asegurando que las voces locales influyan en las decisiones estratégicas.

Conclusiones

La evaluación de la operación de SATENA y las empresas emergentes de drones en la Amazonía colombiana revela que, aunque existe una red aérea establecida que conecta los principales núcleos urbanos, la cobertura hacia comunidades apartadas sigue siendo limitada. Los vuelos regulares de SATENA cumplen un papel fundamental en el abastecimiento básico, pero las restricciones geográficas, climáticas y de infraestructura dificultan la distribución efectiva a las comunidades indígenas. El diagnóstico inicial confirma que es necesario integrar soluciones tecnológicas complementarias para cerrar las brechas logísticas en la región.

El contraste entre las prácticas de distribución en la Amazonía colombiana y las experiencias internacionales evidencia que los países que han incorporado drones en su logística sanitaria han logrado mejoras significativas en tiempos de entrega, cobertura y respuesta ante emergencias. Sin embargo, también se identifican factores críticos para el éxito, como la coordinación interinstitucional, el soporte normativo, la capacitación técnica y la adaptación a condiciones climáticas extremas. La comparación sugiere que el modelo colombiano puede beneficiarse de la transferencia de conocimientos y de la implementación gradual de tecnologías probadas en otros contextos.

La estrategia propuesta, basada en la integración de la operación aérea de SATENA con el despliegue de drones para última milla, ofrece una solución viable para mejorar la distribución de bienes en la Amazonía. Esta propuesta plantea un sistema escalonado que prioriza rutas críticas, utiliza puntos de conexión aérea como nodos de transferencia y fortalece las capacidades locales para la operación y mantenimiento de la tecnología. Su implementación permitiría no solo optimizar tiempos y costos, sino también aumentar la resiliencia y sostenibilidad del sistema logístico regional.

La aerolínea SATENA cumple un rol esencial en la conectividad de la Amazonía colombiana, actuando como eje articulador entre zonas urbanas y comunidades de difícil acceso, el cual es un activo estratégico para la implementación sostenible del uso de drones.

Recomendaciones

Implementar programas piloto que integren vuelos de SATENA con operaciones de drones en puntos estratégicos, validando tiempos, costos y fiabilidad.

Capacitar al personal local en el manejo y mantenimiento de drones, promoviendo la transferencia tecnológica a comunidades amazónicas, así como también promover la participación de las comunidades indígenas en el proyecto de implementación para ajustar los requerimientos a sus necesidades socioculturales.

Monitorear y evaluar continuamente los indicadores de tiempo de entrega, cobertura y costos, ajustando la estrategia según los resultados obtenidos.

Promover la industria Aeronáutica Colombiana por medio de la adquisición de drones nacionales que permitan mejorar el nivel de vida de las poblaciones aisladas en el territorio nacional.

Bibliografía

Ministerio de Salud y Protección Social. (2024). *Ministerio de Salud*. Obtenido de Informe Plan Financiero Territorial de Salud 2020-2023 Departamento de Amazonas: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VP/FS/concepto-pfts-2020-2020-2023-amazonas.pdf>

Oscar, E., Gabriela, P., Jhonathan, R., Pablo, P., Robayo, A., & Anaya, J. (2019). *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de PRIORIDADES Y RECOMENDACIONES PARA LA SALUD EN COLOMBIA BASADAS EN LA GRAN ENCUESTA EN SALUD (CIENCIA, TECNOLO: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

Ministerio de Salud y Protección Social. (marzo de 2023). *Ministerio de Salud*. Obtenido de Análisis de Situación de Salud Colombia 2022: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-colombia-2022.pdf>

SATENA. (31 de enero de 2025). *SATENA*. Obtenido de INFORME DE GESTIÓN DEL 1 DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2024: <https://www.satena.com/viewer.php?id=340&&rlsk=%27YUhSMGNITTZMeTkzZDNjdWMyRjBaVzVoTG1OdmJTOWtiMk4xYldWdWRHOXpMMmx1Wm05eWJXVnpMMmx1>

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Wm05eWJXVXRZVzUxWVd3dk1qQXlOQzIKYm1admNtMWxMMGx1Wm05eWJXV
WdaR1VnUjJWemRHbHZiaUFnTWpBeU5DQndZV2RwYm1FZ1YyVmlMbkJrWmc9PQ
==%27

Ministerio de Salud. (21 de septiembre de 2001). *Funcion Publica*. Obtenido de Ley 691 de 2001:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4454>

Ministerio de Salud. (25 de enero de 2021). *Ministerio de Salud*. Obtenido de Resolución 1841 de
2013:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-050-de-2021.pdf>

Montana, V. (11 de junio de 2023). *Razon Publica para saber lo que pasa en Colombia*. Obtenido de
¿Cómo entran los pueblos indígenas al sistema de salud?: <https://razonpublica.com/entran-los-pueblos-indigenas-al-sistema-salud/>

Infoamazonia. (13 de marzo de 2023). *Infoamazonia*. Obtenido de Los indígenas del Amazonas
quieren proteger la salud de los pueblos en aislamiento:
<https://infoamazonia.org/es/2023/03/13/los-indigenas-del-amazonas-quieren-proteger-la-salud-de-los-pueblos-en-aislamiento/>

ONIC. (4 de marzo de 2022). *ONIC*. Obtenido de BOLETÍN 056 Sistema de Monitoreo Territorial -
SMT (ONIC) Información para proteger la vida y los territorios:
<https://www.onic.org.co/comunicados-onic/4444-hola>

Instituto Educativo Aeronáutico de Colombia. (30 de noviembre de 2023). *IAEROCOL*. Obtenido de
Drones para entrega de paquetes en Colombia: Qué son, cómo funcionan y cuál es su
regulación.: <https://iaerocol.co/blog/drones-para-entrega-de-paquetes-en-colombia/>

Sky Motion. (12 de enero de 2024). *Sky Motion*. Obtenido de ¿DOMICILIOS CON DRONES?: EL
NUEVO FLY CART 30 DE DJI: https://skymotion.com.co/blogs/news/domicilios-con-drones-el-nuevo-fly-cart-30-de-dji?srsId=AfmBOopl_tS2uhn6GUCeEUNyImNXbaDMthkgRZN1NSUZTaH5KwWG2rBd

Voz de America. (25 de noviembre de 2022). *Voz de America*. Obtenido de Entrega de medicamentos
con drones, un emprendimiento que nació en Colombia y se extiende a Corea del Sur:

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

<https://www.vozdeamerica.com/a/medicamentos-drones-emprendimiento-colombia-corea-del-sur/6845996.html>

El Hospital. (2024). *Issuu*. Obtenido de Drones on demand:
https://issuu.com/axiomapruebas/docs/eh_79-1_links

ICAO. (7 de abril de 2022). *ICAO*. Obtenido de SATENA:
<https://www.icao.int/SAM/Documents/2022-RLA06901-GESEASG2/6.%20SATENA%20-%20RNP%20VPT.pdf>

ALCALDIA MUNICIPAL DE INIRIDA SECRETARIA DE SALUD MUNICIPAL. (2024). *Inirida Guainia*. Obtenido de ANALISIS DE SITUACION DE SALUD PARTICIPATIVO:
<https://www.inirida-guainia.gov.co/DOCUMENTOS%20INFORMACION%20PUBLICA%20YO%20RELEVANTE/ANALISIS%20DE%20SITUACION%20DE%20SALUD%20PARTICIPATIVO%20ASIS.pdf>

Eusse Caro, L. (2024). *repositorio universidad del rosario*. Obtenido de UN VISTAZO AL VAUPÉS DESDE LA PERCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS DE SALUD:
<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/8e297dd2-7dcf-4817-8014-62306ed6cc04/content>

Sandra, H., Rivera, G., Rodrigues, Y., Viscarra, F., Siliansky, C., Winck, G., . . . Mena, C. (2024). *Salud en la Amazonía: Desafíos Ambientales, Sociales y Económicos*. Obtenido de La Amazonia que queremos: <https://www.lamazoniaquequeremos.org/wp-content/uploads/2024/11/PB-Health-ES.pdf>

Galvis, L., & Rico, J. (junio de 2023). *Repositorio Banco de la Republica*. Obtenido de Desigualdades regionales en la salud en Colombia:
<https://repositorio.banrep.gov.co/server/api/core/bitstreams/46902cdc-37e9-45f4-9a9d-9202d67fc61c/content>

LASSO, A. (29 de mayo de 2024). *CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA*. Obtenido de PLAN DE ACCIÓN INSTITUCIONAL 2024 – 2027:
https://www.corpoamazonia.gov.co/files/Planes/PAT/20240614_PAc_%202024-2027.pdf

- Arias, S., & Mattos, C. (2022). Atención Primaria en Salud en una región de la Amazonía colombiana: una aproximación al cotidiano. *SAÚDE DEBATE*, 721-733.
- Banco de la Republica. (2 de octubre de 2023). *Banco de la Republica*. Obtenido de Aspectos financieros y fiscales del sistema de salud en Colombia: <https://investiga.banrep.gov.co/es/espe/espe106>
- INVIMA. (2023). *INVIMA*. Obtenido de INFORME DE GESTIÓN 2023: <https://www.invima.gov.co/sites/default/files/informacion-de-planeacion/2024-02/informe-de-gestion-2023.pdf>
- DANE. (mayo de 2022). *DANE*. Obtenido de La información del DANE para la toma de decisiones regionales Leticia - Amazonas : <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/220502-InfoDane-Leticia-Amazonas-fin.pdf>
- Hernandez Sampier, R. (2018). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: Mc Graw Hill Education.
- Stierlin, N., Risch, M., & Risch, L. (2024). Current Advancements in Drone Technology for Medical Sample Transportation. *logistics MDPI*.
- Imran , S., Qadir, Z., Suliman, H., Ranjan, S., Kumar, A., Verma, & Prakash, D. (2021). UAVs path planning architecture for effective medical emergency response in future networks. *Physical Communication*.
- IATA. (1 de junio de 2021). *IATA*. Obtenido de Manipulación de productos farmacéuticos y sanitarios: https://www-iata-org.translate.google/en/programs/cargo/pharma/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Ministerio de Salud y Protección Social*. (febrero de 2023). Obtenido de Biblioteca digital: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PES/informe-gestion-2022-minsalud.pdf>
- Schmidt, S., & Saraceni, A. (26 de enero de 2024). Consumer acceptance of drone-based technology for last mile delivery. *Research in Transportation Economics, Research in Transportation Economics 103 (2024) 101404*, 1-25.

- Jun, H., & Arslan, O. (18 de febrero de 2025). A contextual framework for learning routing experiences in last-mile delivery. *Transportation Research Part B*, 1-25.
- Pourmohammadreza, N., Akbari, M., & Woensel, T. (2025). Last-mile logistics with alternative delivery locations: A systematic literature review. *Results in Engineering*, 1-15.
- Babae, E., Cakmak, E., & Karadayi, S. (2023). Traveling salesman problem with drone and bicycle: multimodal last-mile e-mobility. *International Transactions in Operational Research*, 1-27.
- Aggarwal, S., Gupta, P., Mahajan, N., Balaji, S., Jitenkumar, K., Bhargava, B., & Panda, S. (2023). Implementation of drone based delivery of medical supplies in North-East India: experiences, challenges and adopted strategies. *Front. Public Health*, 1-11.
- Sharma, S., & Sharma, H. (1 de mayo de 2023). Drone a technological leap in health care delivery in distant and remote inaccessible areas: A narrative review. *Saudi Journal of Anesthes*, 18(10.4103/sja.sja_506_23), 95-99.
- Singh, T., Sinjana, Y., & Pal, A. (2024). Revolutionizing healthcare logistics: The strategic role of drone technology in blood bag deliveries for remote and emergency care. *Journal of Transport & Health*(<https://doi.org/10.1016/j.jth.2025.102053>), 1-27.
- FERIA INTERNACIONAL INDUSTRIAL DE BOGOTÁ. (septiembre de 2024). *FERIA INTERNACIONAL INDUSTRIAL DE BOGOTÁ*. Obtenido de INNOVACIONES CON DRONES EN LA FERIA INTERNACIONAL INDUSTRIAL DE BOGOTÁ: <https://feriainternacional.com/es/noticia/7067/innovaciones-con-drones-en-la-feria-internacional-industrial-de-bogotá>
- Valencia, A., Rodríguez, P., Patiño, J., Benjumea, M., De La Cruz, J., & Moreno, G. (septiembre de 2022). Factors Associated with the Adoption of Drones for Product Delivery in the Context of the COVID-19 Pandemic in Medellín, Colombia. *drones*, 6(9), 1-19.
- Leguizamon, A. (8 de agosto de 2022). *El Hospital*. Obtenido de Drones 'On Demand': alternativa logística y acceso en salud: <https://www.elhospital.com/es/noticias/drones-demand-alternativa-logistica-y-acceso-en-salud>

- IDC. (7 de junio de 2023). *IDC APDDRONES*. Obtenido de Borrador de Nueva Regulación de Drones en Colombia: Un Vistazo Preliminar: <https://idc.apddrones.com/regulacion/borrador-rac-100/>
- Quintanilla , I., Vera, N., Alcaraz, P., Vidal, J., & Fernández, B. (2021). A Quickly Deployed and UAS-Based Logistics Network for Delivery of Critical Medical Goods during Healthcare System Stress Periods: A Real Use Case in Valencia (Spain). *drones*, <https://doi.org/10.3390/drones5010013>, 1-13.
- IGAC. (16 de abril de 2025). *Colombia en Mapas*. Obtenido de Resguardos Indígenas Legalizados de Colombia: <https://www.colombiaenmapas.gov.co/?e=-80.07785999218441,-4.5050867755503425,-56.12766467969079,12.098558069910789,4686&b=igac&l=105&u=76109&t=41&servicio=105>
- ARCGIS. (26 de abril de 2019). *ARCGIS*. Obtenido de Mapa de los Aeropuertos y pistas de Aterrizaje de Colombia. Actualizado a 2017: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=0d41f2b9894d48848ceb050e72382e62>
- El Espectador. (17 de diciembre de 2021). *El Espectador*. Obtenido de El nuevo modelo de salud que pide pista entre los indígenas del Putumayo: <https://www.elespectador.com/ambiente/amazonas/el-nuevo-modelo-de-salud-que-pide-pista-entre-los-indigenas-del-putumayo/>
- Alfaris, R. E., Vafakhah, Z., & Jalayer, M. (2023). Application of drones in humanitarian relief: A review of state of art and recent advances and recommendations. *Transportation Research Record*, 2678(7), 689–705. <https://doi.org/10.1177/03611981231209033>
- Johnson, A. M., Cunningham, C. J., Arnold, E., Rosamond, W. D., & Zègre-Hemsey, J. K. (2021). Impact of using drones in emergency medicine: What does the future hold? *Open Access Emergency Medicine*, 13, 487–498. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S247020>

- Konert, A., Smereka, J., & Szarpak, L. (2019). The use of drones in emergency medicine: Practical and legal aspects. *Emergency Medicine International*, 2019, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2019/3589792>
- Kippnich, U. (2021). Drohnen in der medizinischen Versorgung: Ein neues Glied in der Rettungskette? *Unfallchirurg*, 124(12), 984–989. <https://doi.org/10.1007/s00113-021-01096-2>
- Biberthaler, P. (2021). Medizinische Drohnen: Innovative Versorgungsstrategien. *Unfallchirurg*, 124(12), 957–958. <https://doi.org/10.1007/s00113-021-01099-z>
- Saeed, F., Mehmood, A., Majeed, M. F., Maple, C., Saeed, K., Khattak, M. K., Wang, H., & Epiphaniou, G. (2021). Smart delivery and retrieval of swab collection kit for COVID-19 test using autonomous unmanned aerial vehicles. *Physical Communication*, 48, 101373. <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2021.101373>
- Ryan, J. P. (2021). The feasibility of medical unmanned aerial systems in suburban areas. *American Journal of Emergency Medicine*, 50, 532–545. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2021.08.064>
- Król-Calkowska, E. J., & Walczak, D. (2022). The use of drones in the area of minimizing health risk during the COVID-19 epidemic. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 106(40), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10846-022-01729-7>
- Sanz-Martos, S., López-Franco, M. D., Álvarez-García, C., Granero-Moya, N., López-Hens, J. M., Cámara-Anguita, S., Pancorbo-Hidalgo, P. L., & Comino-Sanz, I. M. (2022). Drone applications for emergency and urgent care: A systematic review. *Prehospital and Disaster Medicine*, 37(4), 502–508. <https://doi.org/10.1017/S1049023X22000887>

- Chen, H., Hu, Z., & Solak, S. (2021). Improved delivery policies for future drone-based delivery systems. *European Journal of Operational Research*, 294(3), 1181–1201. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.02.039>
- Khan, S. I., Qadir, Z., Munawar, H. S., Nayak, S. R., Budati, N. K., Verma, K. D., & Prakash, D. (2021). UAVs path planning architecture for effective medical emergency response in future networks. *Physical Communication*, 47, 101337. <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2021.101337>
- Pacheco, D. A. de J., Sarker, S., Bilal, M., Chamola, V., & Garza-Reyes, J. A. (2024). Opportunities and challenges of drones and internet of drones in healthcare supply chains under disruption. *Production Planning & Control*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2437041>
- Taleb, T., Sehad, N., Nadir, Z., & Song, J. (2023). VR-based immersive service management in B5G mobile systems: A UAV command and control use case. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(6), 5349–5364. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3222282>
- Surman, K., & Lockey, D. (2024). Unmanned aerial vehicles and pre-hospital emergency medicine. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 32(9). <https://doi.org/10.1186/s13049-024-01180-7>
- Stierlin, N., Risch, M., & Risch, L. (2024). Current advancements in drone technology for medical sample transportation. *Logistics*, 8(4), 104. <https://doi.org/10.3390/logistics8040104>
- Sigari, C., & Biberthaler, P. (2021). Medical drones: Disruptive technology makes the future happen. *Unfallchirurg*, 124(12), 974–976. <https://doi.org/10.1007/s00113-021-01095-3>

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia