



LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

ANÁLISIS DE SUELOS POR MEDIO DE FOTOGRAMETRÍA CON AERONAVES NO TRIPULADAS PARA REALIZAR OPERACIONES MILITARES.

HERNÁN DARÍO TORRES VALENCIA

Dirigido Por: **Ing. Jaime Enrique Orduy Rodríguez**

Co-Dirigido Por: **Ing. Cristian Lozano Tafur**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en Sistemas de Aeronaves No Tripuladas.

Fundación Universitaria Los Libertadores.
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas.
Bogotá, Colombia.

2022

RESUMEN.

El suelo se compone de varios elementos entre los cuales se encuentran minerales, materia orgánica, organismos, aire y agua y este se forma debido a diferentes factores como la erosión y la descomposición por parte de los microorganismos, estos elementos se pueden identificar por medio del análisis de variables como la temperatura. El análisis que se le realiza a los suelos constituye un proceso para la adquisición de datos e información relevante de su composición y características principales esto con el fin de identificar el tipo de suelo que existe en el terreno y en varios casos brindar información detallada acerca de este mismo. Por otro lado, la calidad del terreno es un factor importante que puede afectar significativamente el éxito de las operaciones militares. En muchos casos, el sitio en el que se realizan estas operaciones especiales puede tener características únicas. En Colombia estas operaciones se ejecutan en pantanos, bosques densos o zonas montañosas, las cuales pueden afectar la capacidad de las tropas para moverse de manera eficiente, así como se puede reducir la maniobrabilidad de las armas y la funcionalidad de los vehículos. Por lo tanto, realizar un análisis detallado del suelo puede ayudar a las Fuerzas Militares a comprender mejor el terreno en el que operan y tomar decisiones, además, de conocer la presencia de minas antipersona. Por esta razón el objetivo del análisis de suelos es la optimización de recursos militares además del tiempo; para la toma de decisiones asertiva. Se presenta un método para el análisis del terreno por medio de sistemas de aeronaves no tripuladas y fotografía aérea, realizando una comparación de variables e imágenes que ayudarán a esta toma de decisiones para su futura implementación en tropas colombianas.

Palabras clave: Aeronave no tripulada, fotogrametría, terreno, operaciones militares.

ABSTRACT.

The soil is made up of several elements among which are minerals, organic matter, organisms, air and water and this is formed due to different factors such as erosion and decomposition by microorganisms, these elements can be identified by means of analysis of variables such as temperature. The analysis that is carried out on the soils constitutes a process for the acquisition of data and relevant information on its composition and main characteristics, in order to identify the type of soil that exists in the field and in several cases provide detailed information about this same. On the other hand, the quality of the terrain is an important factor that can significantly affect the success of military operations. In many cases, the site where these special operations take place may have unique characteristics. In Colombia, these operations are carried out in swamps, dense forests or mountainous areas, which can affect the ability of troops to move efficiently, as well as reduce the maneuverability of weapons and the functionality of vehicles. Therefore, carrying out a detailed analysis of the soil can help the Military Forces to better understand the terrain in which they operate and make decisions, in addition to knowing the presence of antipersonnel mines. For this reason, the objective of soil analysis is the optimization of military resources in addition to time; for assertive decision making. A method for the analysis of the terrain through unmanned aircraft systems and aerial photography is presented, making a comparison of variables and images that will help this decision making for its future implementation in Colombian troops.

Keywords: Unmanned aircraft, photogrammetry, terrain, military operations.

INTRODUCCIÓN

El suelo este se puede clasificar en diferentes tipos dependiendo su composición. (Arenosa, arcillosa, calcárea, franca, limosa, entre otros). La Figura 1, presenta una imagen aérea de la representación de dos tipos de suelos.

Figura 1. Vista aérea de nieves perpetúas



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en un contexto militar, dentro de un procedimiento de comando que se emplea para para analizar la misión, desarrollar un plan y prepararse para una operación, se contempla un análisis de la misión, enemigo, terreno (y clima), tropas (y apoyos) disponibles, tiempo disponible y consideraciones civiles (METT-TC), conceptos claves del planeamiento, problemas comunes y su integración con el proceso militar para la toma de decisiones (CEMIL, 2020). Con relación al análisis de la misión, en la realización de diferentes actividades como el planeamiento de operaciones militares se debe tener en cuenta el terreno, en este sentido, se entiende por terreno, el sitio o sendero por donde van a cruzar las tropas militares, ya que el tipo de suelo puede incurrir o ser la causa de algún accidente o generar pérdida de tiempo en una operación especial. Para identificar y diferenciar los diferentes tipos de suelo el procedimiento se basa en el análisis de

imágenes térmicas junto con imágenes RGB y así observar el tipo de suelo por el cual se puede transitar sin generar algún accidente o contratiempo. (Alvaréz Bernal , 2018)

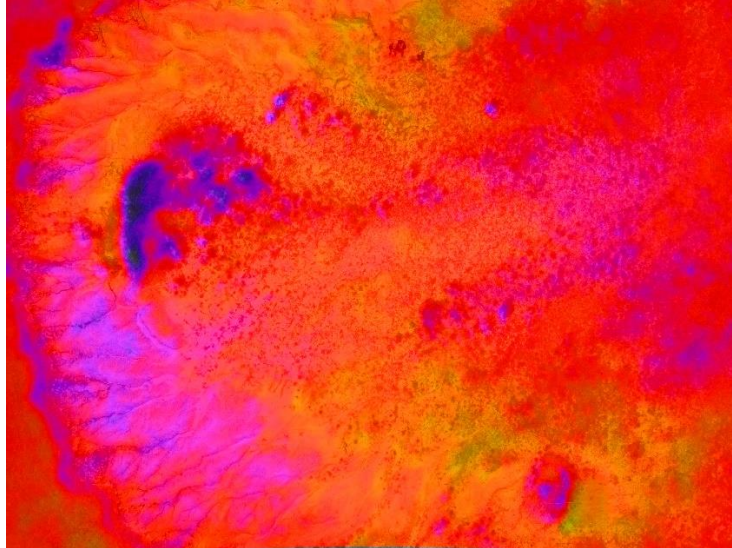
Al realizar una toma aérea se puede establecer una mayor captura y un rango de visión del terreno mayor. Esto permite al comandante tomar una decisión más acertada acerca de la operación sobre continuar o abortar la misión. En este caso, las aeronaves no tripuladas RPS, han demostrado ser herramientas invaluable para recopilar información y tomar decisiones en el campo de batalla. En particular, el uso de este tipo de aeronaves para la caracterización del suelo ha atraído la atención de los militares, ya que la calidad del suelo puede afectar significativamente el éxito de las operaciones militares. El objetivo de este documento es analizar el uso de imágenes obtenidas por medio de aeronaves no tripuladas por las fuerzas militares para, principalmente, realizar la caracterización del terreno, por otro lado, se establece una sugerencia para poder optimizar los recursos de las organizaciones militares. Finalmente se discutirán los desafíos y las limitaciones del uso de drones para la caracterización del suelo y se explorarán posibles soluciones para superar estos obstáculos.

METODOLOGÍA

La eficiencia de los recursos militares se logra cuando el comandante toma decisiones acertadas basadas en lograr el objetivo de manera objetiva, debido a que en una operación se toman varios aspectos en cuenta y uno de esos es el tipo de terreno por el cual las tropas van a transitar. Para optimizar el tiempo y evitar que los hombres tengan que sortear con contingencias, se realiza un estudio del terreno basado en elementos geográficos, entrevistas e imágenes. (ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA, 2016). Un método eficiente para identificar el mejor camino para que las tropas transiten es por medio de la fotografía aérea ya que gracias a esta se puede identificar de primer plano el tipo de suelo y terreno, pero no brinda información confiable debido a que se presta para muchas interpretaciones; con el fin de cerrar un poco la libre interpretación, estas imágenes RGB se pueden comparar con imágenes térmicas con el fin de no solo identificar el tipo de suelo si no composición gracias a la temperatura de sus componentes. La Figura 2, presenta una variación de colores, determinando la cantidad

de calor emitido, esto se interpreta de una mejor manera al comparar con la imagen RGB, permitiendo una toma de decisiones más asertiva basada en imágenes reales.

Figura 2. Imagen térmica con Drone Parrot térmico



Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis de suelos por medio de fotogrametría con aeronaves no tripuladas para realizar operaciones militares, se decidió emplear una metodología basada en *Design Thinking* (Pressman, 2018) con el fin de identificar realmente la necesidad del usuario final, en este caso la de los soldados que se enfrentan a las operaciones a diario. Esta necesidad permitirá que el resultado final se utilice para permitirle al comandante establecer los requisitos mínimos para poder confiar en las imágenes que se le proporcionan. Esta metodología se basa y crea soluciones al usuario final por medio de 5 etapas, las cuales son: Empatía; Definición; Ideación; Prototipo; Prueba.

La metodología se basa exclusivamente en la experiencia del usuario final por tal motivo la primera etapa es la empatía en la cual se debe tener claro el punto donde se quiere llegar. Se resalta que esta metodología es una propuesta para poder introducirla en las operaciones, dejando las fases de prototipo y pruebas en un objetivo a futuro.

1. Empatía:

En la primera etapa de empatía se identificó:

Necesidad: Se debe contar con un elemento que otorgue información puntual y verídica sobre las condiciones del terreno por el cual va a transitar la tropa para lograr el objetivo final, esto con el fin de optimizar los recursos militares.

En esta etapa se elaboraron mesas de trabajo con diferentes líderes de tropas, incluidos los soldados de cargo medio, que están inmersos en operaciones militares las cuales evidenciaron que el terreno es uno de los factores más relevantes a la hora de continuar o dar avance a una operación militar, ya que de este depende el tiempo y la energía (en términos de físicos) del personal que está inmerso en la actividad.

El análisis de un área geográfica determina el efecto de fenómenos naturales sobre una operación militar y se realiza gracias a un levantamiento geográfico previo por medio de fotografías, mapas, imágenes y entrevistas lo que genera una que en muchas oportunidades, las decisiones se generen basadas en información desactualizada afectando directamente el desarrollo de las operaciones militares.

2. Definición:

En la segunda etapa de definición, se identificó el objetivo del procedimiento tomando en cuenta la etapa de empatía, la cual determinó la identificación del terreno para la ejecución de una operación militar. La definición se lleva a cabo gracias al objetivo propuesto:

Desarrollar un método eficiente en el cual se optimicen los recursos militares con el uso de aeronaves no tripulada para la toma de fotografías aéreas del terreno.

3. Ideación:

En esta etapa se ideó un método eficiente, el cual permite la comparación de dos tipos de fotografías RGB junto con fotografías térmicas. Esto brinda una información más certera del terreno gracias a la temperatura del mismo.

Para generar la ideación se procedió a realizar fotografías de muestro. Se tomaron por medio de una aeronave no tripulada de marca DJI referencia Mini 2 la cual cuenta con una cámara de 12 MP. Se obtuvieron un total de 50 imágenes desde diferentes ángulos, además de la captura de 30 fotografías térmicas con una aeronave no tripulada de la marca Parrot referencia Anafi que cuenta con una cámara térmica de 21 MP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por medio de las tres etapas de la metodología *Design Thinking*, se ejecutó la propuesta de análisis de suelos por medio de fotogrametría con aeronaves no tripuladas para realizar operaciones militares.

La Figura 3, presenta una imagen RGB aérea de un terreno de Cundinamarca – Colombia. Con esta imagen se logró identificar que la información del terreno es superficial, ya que no permite identificar caminos o vías de acceso de personal para lograr un objetivo militar. Es decir, un dron con cámara convencional no brinda al comandante del escuadrón poder determinar si es viable el acceso o no. Esta misma Figura, establece que el camino, en rojo resaltado, es utilizado por alguna clase de vehículo, lo cual indica que es un lugar seguro por donde se puede transitar. Sin embargo, el dilema para el comandante radica cuando el terreno no tiene ningún camino o vía y se debe establecer un camino seguro.

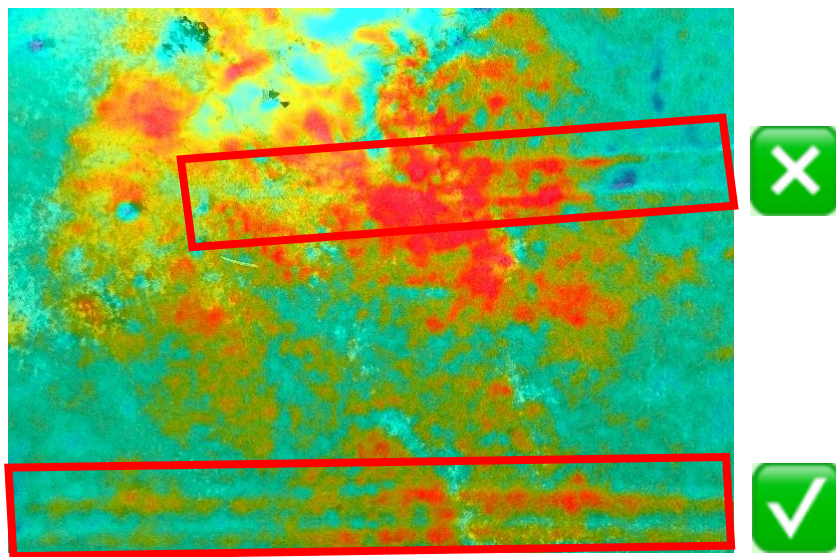
Figura 3. Identificación de una vía en el terreno



Fuente: Elaboración propia

Para evitar la ambigüedad en la toma de decisión, se realizó la comparación de dos tipos de imágenes apoyados con base en la temperatura, en la cual se identificó el tipo de terreno más viable para llegar al objetivo, como se muestra en la Figura 4.

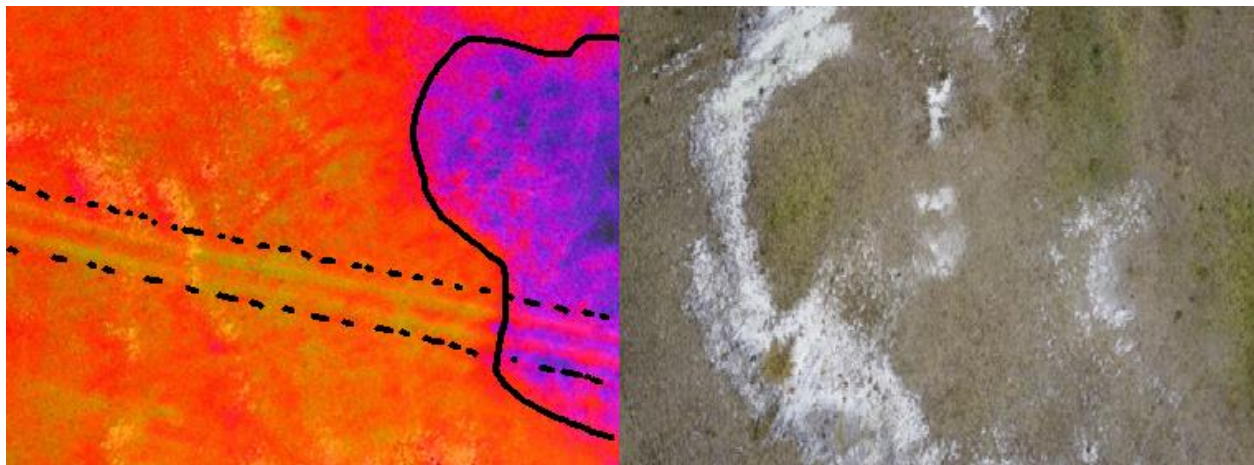
Figura 4. Identificación de vía por medio de una fotografía térmica



Fuente: Elaboración propia

La Figura 5. Identifica las diferencias de temperatura en la superficie del terreno, cual indica que el suelo no es consistente, ya que irradia varios tipos de calor; también se logra identificar el camino o vía que se había identificado en la Figura 4 con la variación de temperatura correspondiente. Esto permite que la toma de decisiones al momento de la planeación de una operación militar sea más objetiva.

Figura 5. Identificación de vía por medio de una fotografía térmica



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El método empleado para la identificación del mejor terreno por medio de la toma de fotografías y la comparación de las mismas es el más efectivo, debido a que permite una toma de decisiones asertiva gracias al estudio del terreno teniendo más información, por medio de fotografías aéreas y su respectiva comparación con las fotografías térmicas brindando datos de la temperatura del terreno, permitiendo a que el planeamiento en base a información real y verídica.

Pese a que esta propuesta es una aproximación para el uso de drones en operaciones militares, se puede determinar que la utilización de estas aeronaves puede proporcionar una ventaja estratégica para las tropas al permitirles caracterizar los suelos de manera más precisa y eficiente, recopilando datos en tiempo real.

Además de conducir las tropas, esta herramienta puede ser útil para el análisis del suelo para buscar la presencia de minas antipersona, lo que puede ayudar a prevenir lesiones y salvar vidas de las tropas. Finalmente, aunque el uso de drones en la caracterización de suelos puede ser costoso, ya que se deben tener drones que oscilan los 28.245.367 de pesos¹, los beneficios estratégicos y tácticos que proporciona justifican su uso en las operaciones militares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá, A. (2009). Estudio de las características del suelo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 4.
- Alvaréz Bernal, J. (2018). EL USO DE LA FUERZA EN LAS OPERACIONES MILITARES TERRESTRES. Bogotá D.C.a
- ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA. (2016). Operaciones Militares de Colombia. *Un camino histórico en la modernización de las Fuerzas Militares y su Doctrina*. Bogotá D.C.
- Gonzalez, R. H., Ucan, J. N., Sanchez y Pinto, I., Medina, R. E., Arcega, F. C., Zetina, C. M., & Casares, R. S. (2019). *Drones. Aplicaciones en Ingeniería Civil y Geociencias*. Yucatán: Asociación Interciencia vol 44(6).
- Pressman, A. (2018). *Design thinking: A guide to creative problem solving for everyone*. Routledge.

¹ Disponible en: <https://www.dji.com/mavic-2-enterprise-advanced?site=enterprise&from=nav>