

INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA DEFENSA. ESTUDIO Y DESARROLLO DE ALGORITMOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TRAYECTORIA ÓPTIMA DE VUELO EN DRONES

PABLO PETRASHIN

Doctor en Ingeniería, profesor en el área de Matemática y Física y director de proyecto de investigación. Escuadrón Estudios. Cuerpo de cadetes, Escuela de Aviación Militar.

ALEJANDRO CENTENO

Ingeniero, profesor en el área de Matemática y Física. Escuadrón Estudios. Cuerpo de cadetes, EAM.

DORA APESSETCHE

Profesora de Análisis Matemático (Matemática I) y Álgebra Lineal. Escuadrón Estudios. Cuerpo de cadetes, EAM.

GABRIEL MONJES

Ingeniero, profesor en el área de Matemática y Física. Escuadrón Estudios. Cuerpo de cadetes, EAM.

MARÍA ALEJANDRA VALENZUELA

Profesora de Análisis Matemático (Matemática I). Escuadrón Estudios. Cuerpo de cadetes, EAM

Brig (R) Atilio Záttara

Profesor del Escuadrón Estudios. Cuerpo de cadetes, EAM.

Resumen

En el presente trabajo se describe la experiencia de los autores en el uso del software educativo Geogebra como herramienta tecnológica para resignificar y relacionar conceptos matemáticos tales como vectores, derivadas de funciones, curvas de nivel, posicionamientos en 2D y 3D de una partícula,

con vuelo de VANTs (Vehículos Aéreos No Tripulados). La experiencia tuvo lugar en las materias Álgebra y Geometría Lineal y Análisis Matemático, que involucra cadetes de primer y segundo año de la Escuela de Aviación Militar de Argentina. Como resultados podemos destacar una participación positiva y entusiasta de los alumnos y docentes involucrados, mejor desempeño áulico e involucramiento por parte de los estudiantes. Concluimos en que el uso de la rúbrica para la medición de competencias es un instrumento útil que retroalimenta al estudiante en el proceso de evaluación, que sirve para su autorregulación y que favorece la evaluación como elemento formativo. Concluimos que el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza y aprendizaje ha sido enriquecedor y beneficioso al encontrarse ligado y alineado con objetos de aprendizaje que potencian su funcionalidad y que aporten al futuro militar sentido y resignificado desde el comienzo de su carrera a lo que estudia en una simple clase de matemática y física.

Palabras clave

VANT, TIC - Geogebra.

Abstract

This paper describes the authors' experience in the use of Geogebra educational software as a technological tool to resignify and relate mathematical concepts such as vectors, derived from functions, contours, 2D and 3D positioning of a particle, with flight of VANTs (Unmanned Aerial Vehicles). The experience took place in the subjects Algebra and Linear Geometry and Mathematical Analysis, which involves first and second year cadets of the School of Military Aviation of Argentina. As results we can highlight a positive and enthusiastic participation of the students and teachers involved, better performance and involvement by students. We conclude that the use of the rubric for the measurement of competences is a useful instrument that provides feedback to the student in the evaluation process, which serves for self-regulation and that favors evaluation as a formative element. We conclude that the use of Information and Communications Technologies (TIC, after its words in Spanish) in the teaching and learning process has been enriching and beneficial as it is linked and aligned with learning objects that

enhance its functionality and contribute to the military future felt and re-
signed from the beginning of his career to what he studies in a simple math
and physics class.

Key words

VANT, TIC - Geogebra.

Introducción

El uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT, o UAV por sus siglas en inglés) ha hecho explosión en estos tiempos debido principalmente al avance en las tecnologías de electrónica y fabricación de baterías [1]. Un tipo avanzado de VANT es el Drone (abejorro), especialmente investigado por sus capacidades operativas tales como despegue y aterrizaje vertical, duración de la batería, facilidad de uso y multiplicidad de aplicaciones. De hecho, el uso de los drones es muy variado y diverso, encontrando aplicaciones tales como, por ejemplo, monitoreo de variables físicas y químicas [2], la detección de obstáculos y la planificación de movimiento [3], prevención, reconocimiento y usos militares [4], etc.

Conseguir que los drones vuelen sin chocar con personas u objetos es una tarea complicada. La detección de obstáculos y la planificación de movimientos son dos de los retos más complejos de la ciencia informática [3], debido a la complejidad implicada en la creación de planes de vuelo en tiempo real que eviten obstáculos y afronten sorpresas como cambios en el viento y en las condiciones meteorológicas.

En todas las diversas aplicaciones que existen actualmente para los drones, se hace evidente la necesidad de hacerlo volar con inteligencia para cumplir las diferentes misiones, desde entregar un paquete hasta supervisar la inmigración fronteriza. Todas las aplicaciones requieren de una algorítmica refinada para minimizar tiempos de vuelo y movimientos no deseados, reduciendo así al mínimo el consumo de batería y prolongando de esta manera el tiempo de uso del VANT.

Los drones son aparatos voladores no tripulados que funcionan a control remoto y muchos de ellos disponen de hardware y de software libre que permite hacer cambios e investigar diferentes algoritmos y aplicaciones. Pueden cargar sensores para hacer mediciones y análisis de varios tipos.

Además, tienen cámaras capaces de capturar imágenes en alta definición [2].

En efecto, tanto si se trata de evitar obstáculos, como recoger y entregar objetos, o realizar mejores despegues y aterrizajes en superficies difíciles, se espera que las soluciones puedan conducir al despliegue de drones en entornos urbanos complejos en los que llevar a cabo una amplia gama de misiones diferentes, desde vigilancia militar y tareas de búsqueda y rescate, hasta servir de teléfonos volantes con cámara o ejercer de repartidores fiables de paquetes. Los primeros drones pequeños ya han sido usados en operaciones de búsqueda y rescate para investigar zonas difíciles de alcanzar o peligrosas, como la de Fukushima, en Japón [5].

En Argentina existen actualmente algunas investigaciones en el área de VANT, en particular orientadas a la construcción y control de aviones autónomos. Por ejemplo, pueden citarse la llevada a cabo en la UNC por el ing. Elaskar (financiada por la UNC y el Ministerio de Defensa) [6] o la que se realizó en los últimos años en la Escuela de Aviación Militar (EAM), comandada por el ing. Daniel Nibeyro.

La Matemática es fundamental para describir los algoritmos de vuelos no tripulados y sirve como herramienta para relacionar, predecir y analizar datos obtenidos con el uso del Drone.

Desarrollo

Marco teórico

Las TIC ponen en perspectiva toda una serie de cambios curriculares, pedagógicos, didácticos y evaluativos, transiciones para afrontar las dinámicas de la educación en torno a un proyecto formativo sustentado en estas tecnologías, cuyo valor epistemológico y metódico subyace en otorgar un papel activo al alumno para generar su propio aprendizaje a través de referentes constructivistas o conectivistas (Bustos, 2005). Por esta razón, y para que los cambios sean efectivos, se tienen que incorporar actividades que potencien el uso de las TIC, ofrecer ambientes de aprendizaje idóneos que permitan a los cadetes enfrentarse a la complejidad y la resolución de situaciones propias del militar de vuelo a partir de lo aprendido a lo largo de su formación.

Al incorporar las TIC en las actividades que se proponen a los cadetes, estas deben evaluarse de algún modo (Tejada, 2011). La importancia de la

evaluación es indiscutible, por eso es necesario diseñar con atención las actividades que vamos a evaluar, analizar las estrategias y criterios que se utilizan para dar un valor específico a los diversos procesos de aprendizaje y los productos que generan.

Un instrumento acorde a la evaluación es la rúbrica: “La rúbrica es un instrumento cuya principal finalidad es compartir los criterios de realización de las tareas de aprendizaje y de evaluación con los estudiantes y entre el docente” (Masmitjà *et al.*, 2013). Como guía de trabajo, expone las reglas de juego sobre una actividad o varias actividades, facilitando al alumno conocer desde el inicio los detalles del proceso de evaluación por competencias. Las actividades se organizan en diferentes niveles de aceptación: desde el menos aceptable hasta la resolución ejemplar, desde lo insuficiente hasta la excelencia. Estas actividades aportan al alumno información detallada y valiosa sobre los resultados obtenidos, con el objetivo de contribuir al progreso de su formación.

Descripción de la innovación

Se fijaron las siguientes metas de trabajo:

1. Estudio y clasificación de los diferentes usos de los drones.
2. Estudio y profundización de los diferentes algoritmos de control de vuelo existentes.
3. Aplicación de Geogebra para la implementación de algoritmo de camino mínimo.
4. Implementación del algoritmo estudiado en un dron comercial. Aplicación a un caso real.
5. Publicación de resultados.

Al finalizar el proyecto se pretende tener una idea acabada de cuál será el mejor camino a seguir para la implementación de algoritmos, así como las posibilidades reales de implementación, demostrado con un ejemplo de aplicación. De hecho, la mayoría de los proyectos actuales en el área de VANT son orientados a la fabricación y control de un Vehículo Aéreo, mostrando un área de vacancia en lo referente a la gestión del plan de vuelo y energía del mismo. Nuestro proyecto, entonces, apunta a enriquecer el conocimiento teórico/práctico del tema en un área no demasiado explorada hasta el

momento. Esto sentará las bases para ampliaciones futuras del tema en diferentes aplicaciones, haciendo posible asimismo la interacción con otros equipos de investigación y posibilitando de esta manera el crecimiento y la sinergia de los diferentes actores de esta nueva tecnología.

El proyecto consiste en el estudio y exploración de las diferentes aplicaciones existentes para los drones, haciendo especial hincapié en la implementación de algoritmos que mejoren el rendimiento del aparato y el uso para la defensa.

Nuestro trabajo estará orientado a los diferentes métodos algorítmicos y sus aplicaciones al vuelo no tripulado. Se trabajó con alumnos (cadetes) y profesores de la Escuela de Aviación Militar (EAM), organismo dependiente de la UNDEF (Universidad de la Defensa). Como instrumento de trabajo se eligió el programa Geogebra, de distribución gratuita. Los estudiantes demostraron tener en su gran mayoría conocimientos previos de Geogebra, facilitando su inclusión como herramienta de trabajo extracurricular.

Proceso de implementación de la innovación

Se plantearon dos problemas diferenciando temas y cursos. Para la presentación del tema en primer año, se eligió un problema que fuera comprensible y relacionado con el posicionamiento 2D. El planteo se hizo en base al problema de Fermat [7], el cual ya tiene una solución óptima conocida y que puede servir de referencia para la consulta.

Este planteo fue el siguiente:

En el medio de color celeste el VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) se mueve con velocidad v_1 y en el medio de color amarillo lo hace con velocidad v_2 . La superficie que separa ambos medios es un cordón montañoso que se representa por una línea recta que coincide con el eje de las abscisas (eje x). Este cordón tiene en algún punto P un lugar por donde el VANT debe escabullirse.

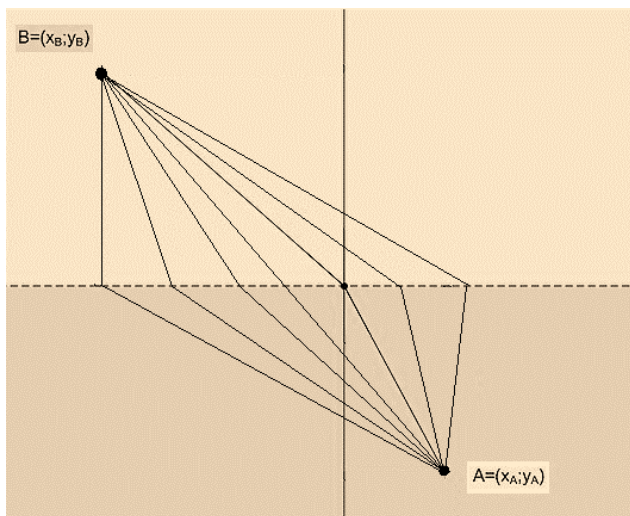


Figura 1. Gráfica correspondiente al planteo del problema de trayectorias según sean $A = (x_A, y_A)$ y $B = (x_B, y_B)$ dos puntos fijos situados en el plano, de modo que A está situado en el primer medio, y B en el segundo medio.

El VANT que se mueve desde A hacia B atravesando la superficie que separa los dos medios en el punto $P = (x, 0)$ debe hacerlo por cuestiones de energía en el mínimo tiempo posible. Dado que las velocidades en los medios son distintas, probablemente convenga que el VANT recorra mayor trayecto en el lugar donde su velocidad sea mayor; por lo tanto la tarea entonces será averiguar cuál debe ser el camino para el tiempo mínimo de llegada.

El problema ya ha sido estudiado por Fermat, por lo que su solución matemática es conocida.

Esta solución propuesta está probablemente más allá de los alcances de nuestra materia. Teniendo esto en cuenta, ¿se puede pensar en una solución alternativa?

Propuesta:

a) Utilice el software Geogebra para representar todos los componentes del dibujo.

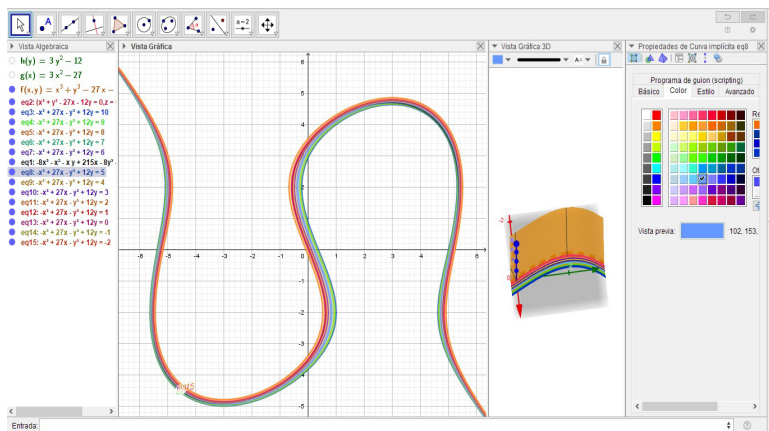


Figura 3. Resultado de las curvas de nivel usando Geogebra.

Evaluación de resultados

Para los alumnos de primero se incluyó una encuesta de 6 preguntas de valoración:

- 1) ¿El problema planteado fue comprensible?
- 2) ¿Se relacionó el problema de alguna manera con lo que vio en Na vegación?
- 3) ¿El programa Geogebra fue de fácil utilización?
- 4) ¿Considera que Geogebra le ayudó a mejorar la interpretación del problema?
- 5) ¿Fue Geogebra de utilidad para la solución?
- 6) ¿Había tenido contacto con Geogebra anteriormente?

Se obtuvieron los siguientes resultados:

El 95% considera que el problema planteado fue comprensible. Entre las dificultades que encontraron, se menciona por ejemplo el nivel de abstracción del planteo.

Solo el 20% lo relaciona con los conceptos vistos en Navegación Militar. Esto se debe en gran medida a que los conceptos de una y otra materia se ven en tiempos diferentes. Para la época en que se dio el trabajo, solamente

inéditos en sus materias respectivas, como por ejemplo la aplicación de los vectores al posicionamiento en un mapa, las curvas de nivel en análisis matemático II o el uso de programas de graficación y ayuda a la enseñanza tales como Geogebra. Esto muestra que el uso de TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje ha sido enriquecedor y beneficioso al encontrarse ligado y alineado con objetos de aprendizaje que potencian su funcionalidad y que aporten al futuro militar sentido y resignificado desde el comienzo de su carrera a lo que estudia en una simple clase de matemática y física. Asimismo, los cadetes que participaron tendrán, al momento del egreso, un agregado no convencional en un área de vanguardia, fuertemente relacionada con la Defensa.

Bibliografía

Noticias de la Ciencia y la Tecnología (15 de abril de 2015). Drones en Apoyo a la Docencia y la Investigación. Recuperado de <http://noticiasdelaciencia.com/not/13642/drones-en-apoyo-a-la-docencia-y-la-investigacion/>

Noticias de la Ciencia y la Tecnología (20 de enero de 2016). Algoritmos para mejorar el vuelo de los drones en entornos llenos de obstáculos. Recuperado de <http://noticiasdelaciencia.com/not/17862/algoritmos-para-mejorar-el-vuelo-de-los-drones-en-entornos-llenos-de-obstaculos/>

Noticias de la Ciencia y la Tecnología (12 de diciembre de 2011). Las ciudades serán las principales zonas de guerra. Recuperado de <http://noticiasdelaciencia.com/not/2941/las-ciudades-seran-las-principales-zonas-de-guerra/>

Noticias de la Ciencia y la Tecnología (27 de mayo de 2014). Avances hacia los drones del futuro. Recuperado de <http://noticiasdelaciencia.com/not/10492/avances-hacia-los-drones-del-futuro/>

Serway, Raymond A. (2008). *Física para Ciencias e Ingeniería*, tomo II, 5ª ed., p. 1128, México: Mc Graw Hill.

Verdejo, Pérez y Estrada. Universidad Complutense de Madrid. S.S.I.I. 08/09 - Control de un vehículo aéreo no tripulado. Recuperado de <http://eprints.ucm.es/9477/1/documentacion.pdf>

Viano, Lucas (2 de marzo de 2014). Drones: Córdoba, polo de desarrollo de las aeronaves no tripuladas. *La Voz del Interior Online*. Recuperado de <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/drones-cordoba-polo-de-desarrollo-de-las-aeronaves-no-tripuladas>