

---

**EVALUACIÓN DE DRONES COMO EQUIPO DE CARGUÍO Y TRANSPORTE  
DE MATERIAL DE MINA A CIELO ABIERTO**

**BRAYAN ARGENES FONSECA FERNÁNDEZ  
INGENIERO CIVIL EN MINAS**

**RESUMEN**

En minería a cielo abierto, principalmente en la extracción de minerales metálicos, las operaciones unitarias de carguío y transporte representan entre un 45% a 65% de los costos operacionales, mientras que los costos en obras civiles tales como rampas y caminos representan un 15%. A medida que se avanza en la extracción mineral, las distancias y tiempos de ciclo de los equipos de transporte aumentan considerablemente, generando un déficit en el ritmo de producción programado en el plan minero. Para poder mantener la producción se debe invertir en una flota mayor de equipos. Por lo que nace la necesidad de evaluar la factibilidad de nuevos equipos de transporte que cumplan con la producción y que sean rentables. La presente memoria tiene como metodología evaluar la factibilidad del uso de drones como equipo de transporte en un rajo sin rampas. Se dimensionará una flota de equipos convencionales para cierto ritmo de producción, así mismo se calculará la flota de drones necesarios para cumplir con la misma capacidad de producción mineral, posterior a eso se evaluarán los costos asociados a cada flota, y por último se comparará en términos económicos, el diseño de mina convencional y el diseño de mina sin rampas para drones. Los resultados muestran que en el diseño sin rampas se debe remover un 38% menos de estéril respecto al diseño convencional. Los tiempos de ciclo son un 74% menor en el caso de transportar material con aeronaves, sin embargo su productividad es menor. En relación al resultado obtenido se puede concluir que una operación minera a cielo abierto es económicamente factible con drones. Si bien la operación convencional tiene mayores ganancias, esta diferencia podría ser positiva para el dron realizando mejoras de capacidad de carga y/o reduciendo el consumo de combustible por hora de vuelo. Se recomienda investigar la factibilidad de explotar una mina con una flota mixta, en donde el dron tenga mayor participación a

---

grandes profundidades, mientras que el camión minero sea utilizado más cercano a superficie.

## ABSTRACT

In open pit mining, mainly in the extraction of metallic minerals, unit operations cargo and transport represent between 45% to 65% of operational costs, while costs in civil works such as ramps and roads represent 15% . As the mineral extraction progresses, the distances and cycle times of the transport equipment increase considerably, generating a deficit in the production rate programmed in the mining plan. In order to maintain production, must be invest in a larger fleet of equipment. So the need arises to assess the feasibility of new transportation equipment that meets production and is profitable. The purpose of this report is to evaluate the feasibility of using drones as transport equipment in a open pit without ramps. A fleet of conventional equipment will be dimensioned for a certain production rate, and the drone fleet necessary to meet the same mineral production capacity will be calculated,after will be the costs associated to each fleet will be evaluated, and finally it will be compared in economically, conventional mine design and mine design without ramps. The results show that in the design without ramps, 38% less waste must be removed compared to the conventional design. Cycle times are 74% less in the case of transporting material with unmanned aircraft, however their productivity is lower. In relation to the results obtained, it can be concluded that an open pit mining operation is economically feasible with drones. Although the conventional operation has higher profits,This difference could be positive for the drone if cargo capacity is improved and / or fuel consumption per hour of flight is reduced. It is recommended to investigate the feasibility of exploiting a mine with a mixed fleet, where the drone has a greater participation at great depths, while the mining truck is used closer to the surface.