

Título

Simulación de Naves para el Mantenimiento de Vehículos Mineros – Codelco Andina

Autores

Pedro Gazmuri Schleyer, Ph.D. en Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones, Universidad de California, Berkeley, USA, Consultor de empresas.

Pedro Halcartegaray, Profesor, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile

Pablo Senosiain, Profesor, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile

José Alberto Zapata, Director de Infraestructura y Logística, Codelco Chile

Resumen

Simula UC es un grupo especialista en la Simulación y Optimización de Procesos, forma parte DICTUC y funciona actualmente en la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En Simula UC se desarrollan proyectos para diversos tipos de empresas, utilizando herramientas de Simulación para determinar el conjunto óptimo de decisiones que las empresas pueden tomar, principalmente decisiones de carácter estratégico.

En el proyecto que se postula, se evaluaron distintas configuraciones para la zona de talleres de mantenimiento de la División Andina de Codelco, con el objetivo de encontrar la mejor alternativa acorde al plan de crecimiento que tiene la mina para los próximos 30 años.

Para realizar el análisis, se simuló la operación de la zona de talleres bajo distintos escenarios, entre los años 2019 y 2037 (período donde se concentra el mayor requerimiento minero), midiendo indicadores de desempeño como la disponibilidad física de los equipos (principalmente camiones de carga), la utilización del taller y el cumplimiento del plan minero.

El modelo de simulación construido incluye en detalle las operaciones que debe realizar cada vehículo en la mina. Se consideraron las tasas de fallas por cada tipo de vehículo, los mantenimientos programados y los tiempos asociados al mantenimiento y reparación de fallas. Además de lo anterior, se modeló la postura de cadenas para nieve en caso de que hubiera tormentas, las cuales también fueron consideradas en el modelo.

Se consideraron 4 escenarios principales. En primer lugar, un escenario base con un taller con 50 naves, de forma que ningún equipo deba esperar para ingresar al taller cuando lo necesite. Así se construyó un benchmark que permitió comparar el impacto de las diferentes alternativas, siendo este benchmark el mejor resultado posible sin realizar modificaciones en la flota. Los otros escenarios fueron talleres con 10, 12 y 14 naves respectivamente.

La simulación entregó importantes resultados para las cuatro alternativas. En primer lugar, se determinó que, basándose en los datos entregados y en condiciones de capacidad ilimitada en el taller, existe un déficit de cumplimiento del plan minero de hasta un 3% respecto al total de horas-camión anuales requeridas. Este déficit es inherente a las fallas de los equipos, y es por lo tanto independiente del tamaño del taller.

En seguida, se estudió el desempeño de un taller de 10 naves, determinándose que dicha capacidad genera una congestión importante desde los primeros años de la faena, que hace disminuir radicalmente la disponibilidad de los equipos. Esto implica cumplir en promedio solo un 75% del plan minero, a diferencia del benchmark, del cual se espera un cumplimiento del 99% considerando el modelo de gestión actual. Esta diferencia se traduce en dejar de extraer el material equivalente a más de 10 camiones operando todo el año.

En el caso de un taller con 12 naves de mantenimiento, se observó una mejora considerable respecto al caso de 10 naves, pero aún insuficiente para asegurar una disponibilidad aceptable de los equipos. Utilizar un taller con 12 naves en lugar de 10 aumenta el cumplimiento del plan minero de un 75% a un 90%, por efecto de reducir la congestión en el taller. Se observó que el efecto positivo de agregar un mayor número de camiones es contrarrestado por la congestión que genera una flota de mayor tamaño en el taller, lo que repercute en la

disponibilidad de todo el resto de los equipos: pasado cierto umbral, el aporte de los camiones adicionales no es significativo.

Finalmente, se analizó un taller con 14 naves de mantenimiento. En ese caso se observó una mejora suficiente para justificar la inversión de las 2 naves adicionales. La disponibilidad promedio de los camiones aumentó de un 75% con 12 naves hasta un 83%. Respecto al cumplimiento del plan minero, éste se estimó en un 97%, lo que implica en promedio una mejora de 23.000 Horas-Camión. Considerando que cada Hora-Camión entrega al menos US\$2.000, el impacto de las conclusiones obtenidas son del orden de MMUS \$50 en utilidades adicionales para la operación, en caso de utilizar la configuración propuesta.

Anexo - Currículo de los Autores

○
José Alberto Zapato Celis (jzapa009@codelco.cl)

- Estudios Superiores
 - Ingeniero Civil de Industrias, Mención Computación – Pontificia Universidad Católica de Chile
 - MBA - Pontificia Universidad Católica de Chile
- Experiencia Laboral
 - CODELCO – Director de Infraestructura y Logística - ACTUAL
 - SIPTEL CHILE – Director
 - VECCHIOLA S.A. – Gerente de Logística
 - AUDIOMUSICA – Gerente de Operaciones