

EMPLEO DEL MÓDULO PARA SISTEMA TROLEASISTIDO MINE SIGHT HAULAGE

INTRODUCCIÓN

MineSight Haulage utiliza las rutas de materiales para generar los tiempos de ciclo y determinar los requerimientos de acarreo. Se combina con MineSight 3D (la interfaz gráfica de usuario) y con MineSight Interactive Planner (la herramienta de reservas para crear gráficamente una red de acarreo, en lugar de utilizar los archivos de perfiles ASCII). Esta herramienta pronto quedará integrada con MineSight Schedule Optimizer (la herramienta de planificación y cronograma de mina a corto plazo) con lo que permitirá generar cronogramas a corto plazo teniendo en cuenta las necesidades de acarreo.

Varias minas actualmente ya están utilizando MineSight Haulage para este tipo de requerimientos. Esta herramienta precalcula los tiempos requeridos para cada segmento de vía y emplea una combinación de nodos de acarreo y vías para ubicar la mejor ruta de acarreo en la red. En este artículo explicaremos el módulo Trolley Assist de MineSight Haulage.

ASISTENCIA POR TROLE

La asistencia por trole o sistema troleasistido es una fuente de alimentación alternativa para los camiones de carga diesel, equipados con un pantógrafo que capta la corriente de una línea de energía eléctrica suspendida. Esto permite que los camiones utilicen el generador diesel en los tramos a nivel y los descendentes y la potencia eléctrica para las vías ascendentes. La mayor potencia de la transmisión eléctrica acelera el avance del camión en los ascensos. El motor diesel puede quedar regulando en esos tramos, reduciendo así el consumo de combustible. Esto resulta especialmente útil para las minas profundas con muchos segmentos ascendentes. Siemens estima que el desplazamiento del vehículo cargado en gradientes ascendentes representa entre el 70 y 80% del consumo de combustible. Mediante el empleo del sistema troleasistido en lugar del diesel, se avanza más rápido y se ahorra combustible.

La velocidad en un plano inclinado está dada por (ecuación 1):

$$v = \text{Power} / \text{Tractive Effort} = \text{Power} / \text{Gross Weight} * 9.8 * \text{Grade}(\%)$$

CONFIGURACIÓN DE TROLLEY ASSIST EN MSHAULAGE

La configuración de Trolley Assist en MSHaulage exige estos pequeños detalles adicionales:

1. Los segmentos de ruta apropiados para ser asistidos por trole se indican como 'Available' en la columna 'Trolley Flag' dentro del panel Routes.
2. 'Maximum trolley speed' indica el límite de velocidad para un cargador asistido con trole en esa vía.
3. 'Trolley Utilization' es un porcentaje que considera la utilización de esa ruta asistida por trole, con el fin de tomar en cuenta el mantenimiento de la infraestructura del trole.
4. 'Pantograph mechanical availability' se indica en el panel Equipment y corresponde a la disponibilidad mecánica del sistema trole.
5. 'Operator efficiency', que se indica en el panel Equipment, señala la velocidad con que el operador del camión cargador engancha el pantógrafo en las líneas suspendidas. Por ejemplo, si un operador muestra una eficiencia del 95%, indica que el 5% de la ruta apta para trole asistido es empleada con tracción diesel, debido a que el operador no pudo conectar el pantógrafo al inicio de la línea.

6. 'Trolley fuel burn', se establece en el panel Equipment y es la tasa de consumo de combustible con el motor regulando cuando se conecta la asistencia por trole.
7. 'Trolley power', también en el panel Equipment, es la potencia del motor en CA/CC, que se emplea en la tracción asistida.
8. 'Maximum Speed on trolley', se establece en el panel Equipment e indica a qué velocidad se puede desplazar el vehículo cargador mientras está en el modo troleasistido. La velocidad calculada en la ecuación 1 queda limitada a este valor.

Los puntos 1 a 3 se indican en el panel Routes (Figura 1), mientras que el resto de los datos se establecen en el panel Equipment (Figura 2 y 3).

Road	From	To	Max Speed	Phase	Period	Avail	Rolling Res	Trolley Spe	Trolley Flag	Trolley Util
Mill Road	PitExit	Mill	0	<Any>	<Any>	Available	30	0	Not Available	100
PitRoad1	Tie	PitBottom	0	<Any>	<Any>	Available	30	0	Not Available	100
PitRoad2-Trol	PitExit	Tie	0	<Any>	<Any>	Available	30	50	Available	100
WasteRoad	PitExit	Waste	0	<Any>	<Any>	Available	30	0	Not Available	100

↑ Figura 1

Figura 1 Panel Routes en MSHaulage

1. Go to Equipment panel

2. Choose the hauler with trolley assist

3. Click this to add trolley assist attributes for hauler

Attribute	Units	Value
1	_Hauler	Name 789C-T
2	_PAvail	Percen 98.000000
3	_TPower	KW 3850.000000
4	_FBWait	GPH/L 0.000000
5	_FBSpot	GPH/L 0.000000
6	_FBDump	GPH/L 0.000000
7	_FBLoad	GPH/L 0.000000
8	_TEff	Percen 95.000000
9	_TFBurn	GPH/L 4.000000
10	_TUse	TRUE/ TRUE
11	_MaxTSpeed	KPH 50.000000
12	_Availability	Percen 85.000000
13	_Description	Text 789C-T
14	_GrossWeig	Kg 121506.000000
15	_Payload	Kg 173000.000000
16	_SpeedCalc	Text Rimpulv/Braking Bin
17	_Utilization	Percen 88.000000
18	_Speed Bin	Curve Edit
19	Fuel Bin	Curve Edit

← Figura 2

Trolley Assist Module

789C-T

- Pantograph mechanical availability: 98
- Operator efficiency trolley: 95
- Trolley fuel burn: 4
- Trolley power: 3850
- Max speed on trolley: 50
- Use Trolley Assist

Buttons: Cancel, OK

↑ Figura 3

Figura 2 Panel Equipment en MSHaulage

Figura 3 Datos indicados para el módulo Trolley Assist en MSHaulage

CÓMO CALCULA MSHAULAGE EL TIEMPO DEL CICLO

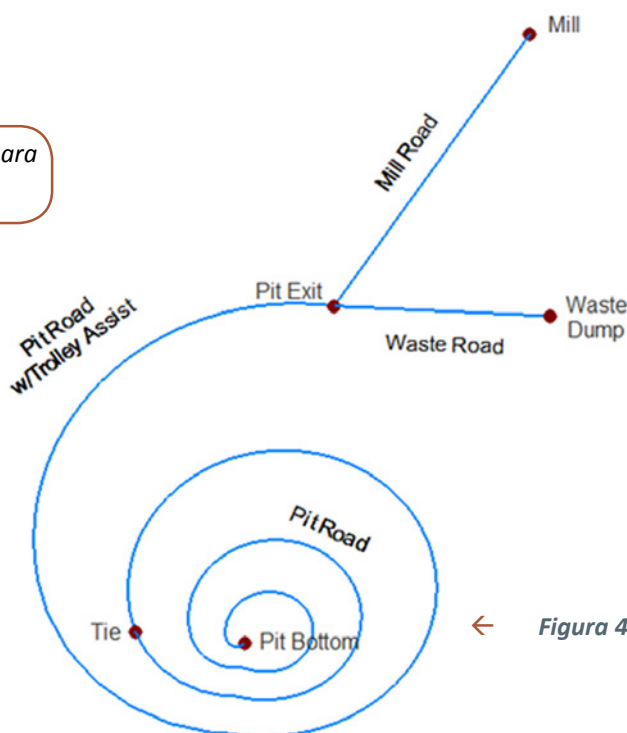
MSHaulage calcula los tiempos de todas las redes de vía como si la asistencia por trole no estuviera disponible. Luego verifica segmentos específicos donde está disponible la asistencia por trole. Calcula el tiempo que tarda el vehículo cargador troleasistido. Calcula la velocidad en ese segmento en relación con la potencia disponible para los motores de CA, la inclinación de la vía (lo cual incluye la resistencia a la rodadura) y el peso bruto del camión (peso vacío + capacidad de carga). Tenga en cuenta que el atributo para peso bruto, 'GrossWeight' en la lista de atributos para el cargador, corresponde al peso del camión vacío. El tiempo se calcula sobre la base de la distancia recorrida en ese segmento y de la velocidad. El tiempo es ponderado como promedio, junto con el tiempo sin asistencia por trole, sobre la base de factores de eficiencia y disponibilidad, para obtener el tiempo real que emplea el camión para recorrer la ruta troleasistido. Para ejemplificarlo, supongamos que t_1 es el tiempo que tarda un cargador convencional para recorrer la ruta y que t_2 es el tiempo que tarda el cargador en condición troleasistido. Si los valores de disponibilidad de pantógrafo, eficiencia del operador y utilización de ruta troleasistido son de 90%, 90% y 80%, respectivamente, entonces se puede asumir que la disponibilidad total de la asistencia por trole a lo largo de la ruta será de $0.9*0.9*0.8=64.8\%$.

Entonces, el tiempo que tarda el vehículo cargador troleasistido será: $t = (64.8*t_2 + 33.2*t_1)/100$

UN EJEMPLO SIMPLE PARA ILUSTRAR EL MÓDULO TROLLEY ASSIST

Para ejemplificar el empleo de Trolley Assist en MineSight Haulage, tomemos en consideración la pequeña red de acarreo que vemos en la Figura 4. La ruta que va desde Pit Bottom a Tie (es decir del fondo del tajo al empalme) no cuenta con líneas para trole, por lo tanto se utiliza el diesel. La que va de Tie to Pit Exit (es decir del empalme a la salida del tajo) tiene líneas de alimentación para ser troleasistido, entonces los camiones utilizan la alimentación eléctrica en ese tramo. Las vías desde Pit Exit to Mill y Waste Dump (es decir desde la salida del tajo hasta planta o botadero estéril) son planas y por lo tanto no emplean la asistencia por trole. En la Figura 4 se puede ver la configuración de los nodos y segmentos de vía en MSHaulage.

Figura 4 Red de acarreo simple para ilustrar el módulo Trolley Assist



En este caso se consideraron dos conjuntos de equipo que emplean la misma pala para cargar. ESet-1 fue un camión equipado con un motor eléctrico y un pantógrafo para poder utilizar la asistencia por trole; ESet-2, por su parte, era el mismo camión sin la asistencia por trole, tal como se indica en la Figura 5, a continuación.

Equipment sets

Name	Haul	Load
ESet-1	789C-T	Shovel-1
ESet-2	789C	Shovel-1

Attributes of an equipment set

	Attribute	Units	Value
1	_Equipset	Name	ESet-2
2	_Hauler	Text	789C
3	_Loader	Text	Shovel-1
4	_Description	Text	
5	_Dumptime	Minutes	2.000000
6	_Loadtime	Minutes	2.000000
7	_Spottime	Minutes	1.000000
8	_Waittime	Minutes	1.000000

← Figura 5

Figura 5 Conjuntos de equipo

Compare los tiempos de ciclos en ambos conjuntos de equipo (Figura 6). El conjunto de equipo con asistencia para trole muestra tiempos de ciclo menores, en comparación con el mismo conjunto sin asistencia para trole. Esto se debe a que el sistema de asistencia por trole permite velocidades mayores en una porción de la ruta de acarreo, que cuenta el mecanismo para trole.

Source		Destination			Trolley Assist	No Trolley Assist		
PitBottom	2210.0	Mill	Lift-1	None	22.465	27.608	11.336	11.862
PitBottom	2210.0	Waste	Lift-1	None	19.690	24.832	10.187	11.105
PitBottom	2210.0	Waste	Lift-2	None	24.788	29.931	10.136	10.870

↓ Figura 6

Figura 6 Captura de pantalla para los tiempos de ciclo.

Para comprender las implicancias de esta mayor velocidad, supongamos que necesitamos dirigir un corte desde el fondo del tajo hacia los distintos destinos. El corte tiene 456.555,85 toneladas de material estéril y 526.740,68 toneladas de mineral, que se destinarán hacia el botadero de estéril y a planta, respectivamente. Necesitaremos arrancar este corte en 120 horas (1 semana a razón de 5 días a la semana y 24 horas por día).

Las cifras a continuación (Figura 7 a y b) muestran el informe de ruta de materiales para ambos conjuntos de equipo. La tabla a continuación (Tabla 1) presenta los datos pertinentes extraídos de ambos informes.

A

Source	Period	Phase	Src Elev	Material	Cutoff	Grad	Tonnes	Volume M³	Dest	Lift	Subzone	Cyc Time	Fuel Rate L	Eq Set	Hauler	Loader	Num Trips	Avail	Util	Num Truck	Truck Hrs
CutA	Period-1	Phs1	Level 2210	Waste	0	0.3	456555.85	142673.70	Waste	Lift-1	None	24.85	8.43	ESet-2	789C	Shovel-1	2639.05	85	88	12.18	1242.01
CutA	Period-1	Phs1	Level 2210	Ore	0	1.2	526740.68	164606.46	Mill	Lift-1	None	27.62	9.29	ESet-2	789C	Shovel-1	3044.74	85	88	15.62	1592.99

B

Source	Period	Phase	Src Elev	Material	Cutoff	Grad	Tonnes	Volume M³	Dest	Lift	Subzone	Cyc Time	Fuel Rate L	Eq Set	Hauler	Loader	Num Trips	Avail	Util	Num Truck	Truck Hrs
CutA	Period-1	Phs1	Level 2210	Waste	0	0.3	456555.85	142673.70	Waste	Lift-1	None	19.71	7.09	ESet-1	789C-T	Shovel-1	2639.05	85	88	9.66	984.98
CutA	Period-1	Phs1	Level 2210	Ore	0	1.2	526740.68	164606.46	Mill	Lift-1	None	22.48	8.32	ESet-1	789C-T	Shovel-1	3044.74	85	88	12.71	1296.44

↓ Figura 7 a & b ↑

Figura 7 Material editor en MSHaulage- a) Resultados con Eset-2, b) Resultados con Eset-1.

Material	Toneladas	Tiempo del ciclo	Cant. de viajes	Cant. de camiones	Hora camión
Trole asistido					
Estéril	456555.85	19.71	2369.05	9.66	984.98
Mineral	526740.68	22.48	3044.74	12.71	1295.44
Sin troleasistido					
Estéril	456555.85	27.85	2639.05	12.18	1242.01
Mineral	526740.68	27.62	3044.74	15.62	1592.99

Tabla 1: Comparación de los resultados de ruta de materiales

Los informes de ruta de material indican que, con la asistencia por trole, la mina utiliza menos camiones. Dado que la capacidad de carga de estos camiones es la misma, deberían haber mostrado la misma cantidad de viajes. No obstante, al tener tiempos de acarreo más rápidos, los camiones equipados con asistencia por trole realizaron menos viajes por día, en comparación con los camiones convencionales. Por lo tanto la cantidad de camiones empleados disminuye. La misma comparación de requerimientos de camiones se puede utilizar para verificar si resulta útil el empleo de asistencia por trole. MSHaulage puede ayudar en este tipo de análisis. Los informes de ruta de materiales también presentan el consumo de potencia, y los planificadores pueden emplear ese dato para determinar los requerimientos de energía de la asistencia por trole.

CONCLUSIONES

MSHaulage determina en forma exitosa la eficiencia de distintos sistemas de acarreo. El módulo Trolley Assist ayuda al planificador a determinar si la implementación de la asistencia por trole puede ser útil o no.

