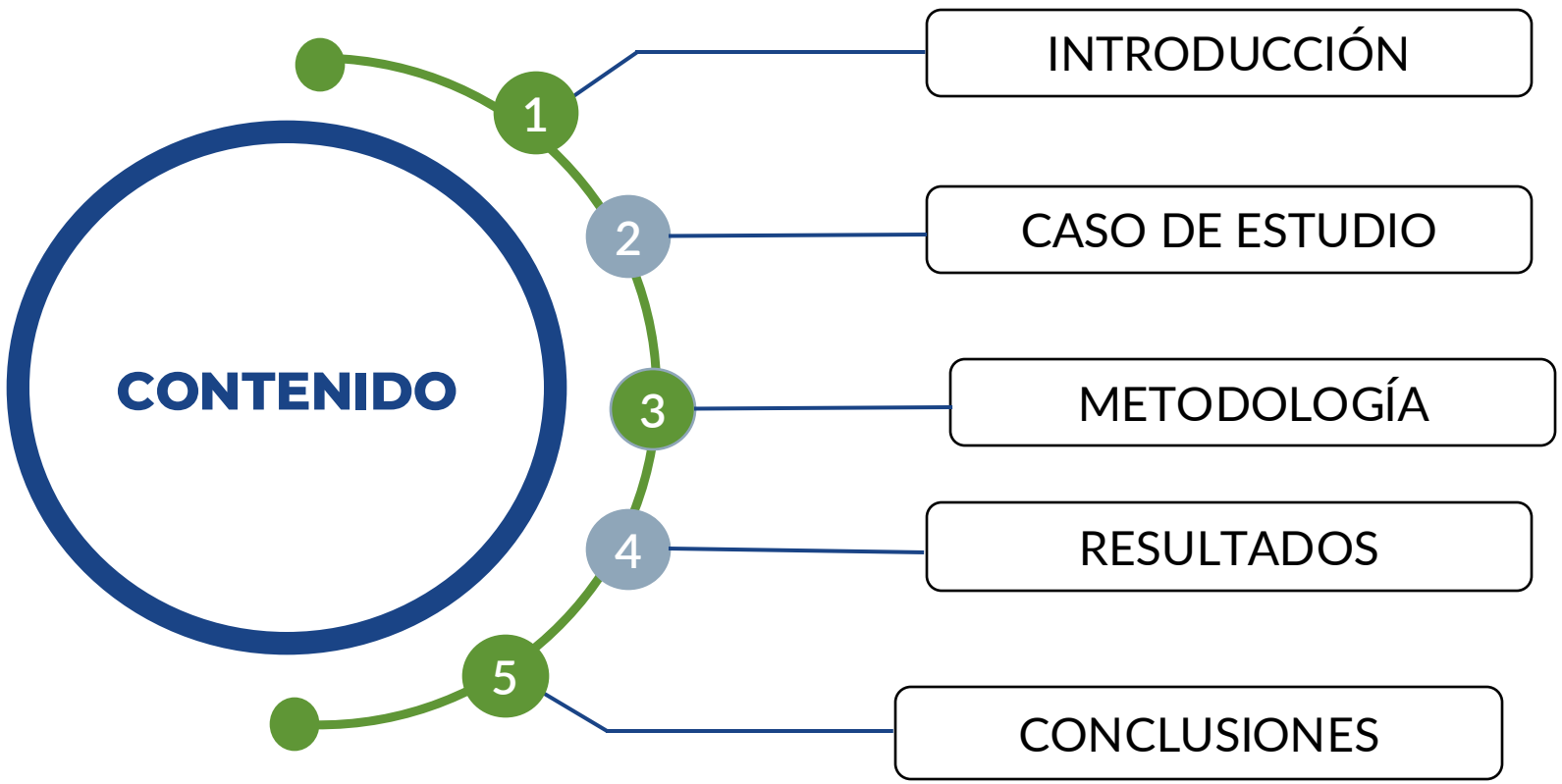
Optimización de las actividades de perforación y voladura en operaciones mineras mediante la implementación de soluciones automatizadas para el diseño de perforaciones tangenciales

Solange Ríos, Brayan Churata, Mario Chunga

¿Cuánto afecta la desviación de los taladros de perforación a todo el ciclo de minado?

Una desviación de **0.45 m** (≈ **10%** del ancho de frente) puede generar una dilución adicional de **2.5%**, lo que se traduce en una pérdida económica anual aproximada de **USD 13.1M**.

Fuente: Evolution Mining (Cracow) — *"Improved Drilling Accuracy Results in Reduced Ore Dilution"*


CONTENIDO
1
INTRODUCCIÓN
2
CASO DE ESTUDIO
3
METODOLOGÍA
4
RESULTADOS
5
CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

- El diseño de las mallas de perforación es un proceso en las operaciones mineras, que impacta directamente en la eficiencia, seguridad y productividad de la operación.

- Un error en esta etapa puede tener efectos en cascada a lo largo del ciclo de minado.

- Mediante la **perforación tangencial** se puede trabajar dentro de la labor sin necesidad de mover el equipo, reduciendo la sobre-excavación y mejorando la recuperación de mineral.

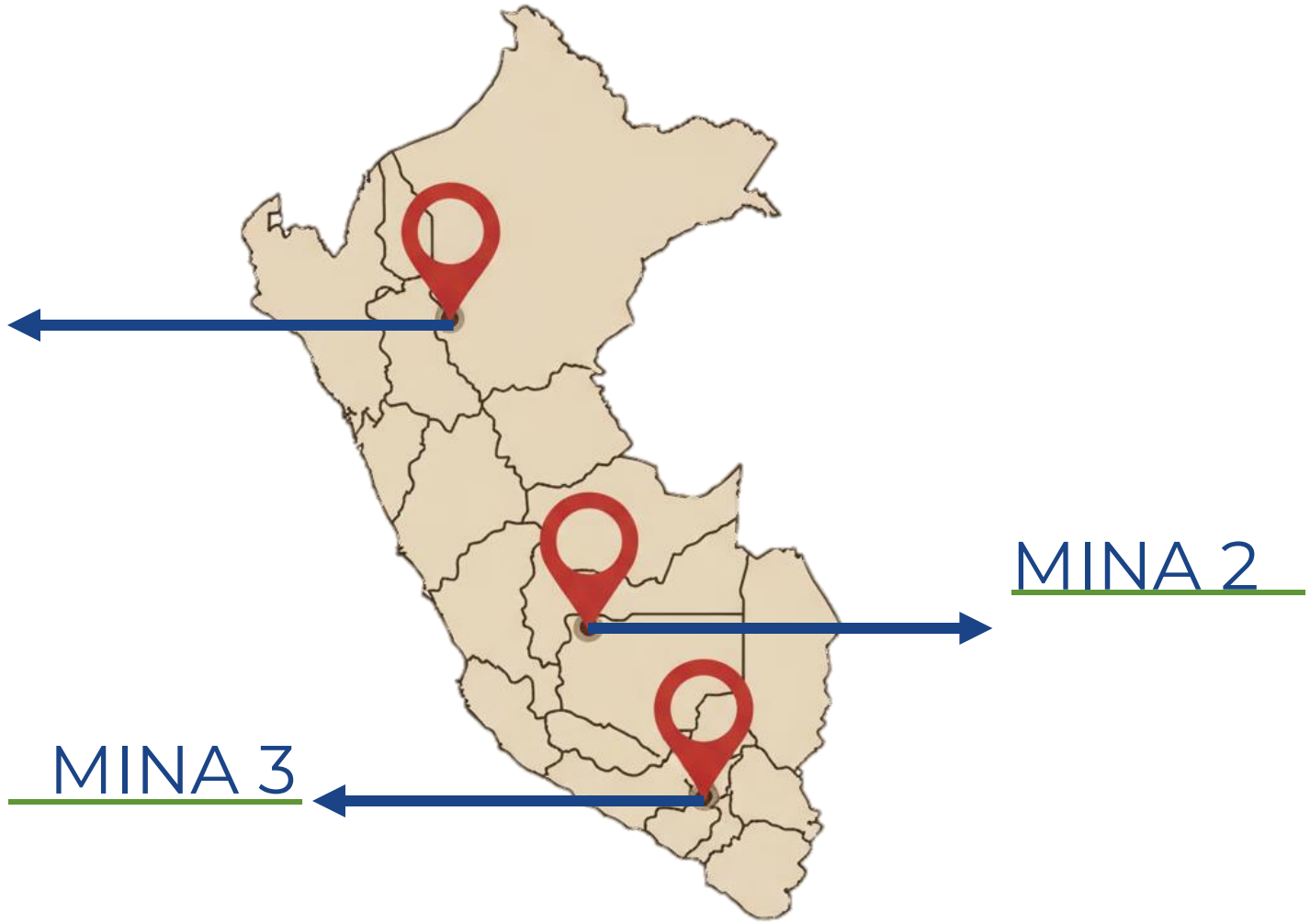
- Una de las principales ventajas técnicas de esta configuración radica en que se puede **obtener un patrón radial** o en abanico **desde una única posición**, lo cual es especialmente ventajoso en labores con restricciones geométricas o infraestructura limitada.

Equipo con configuración de perforación tangencial: Simba S7D

CASO DE ESTUDIO

Tres Unidades Mineras en Perú

MINA 1



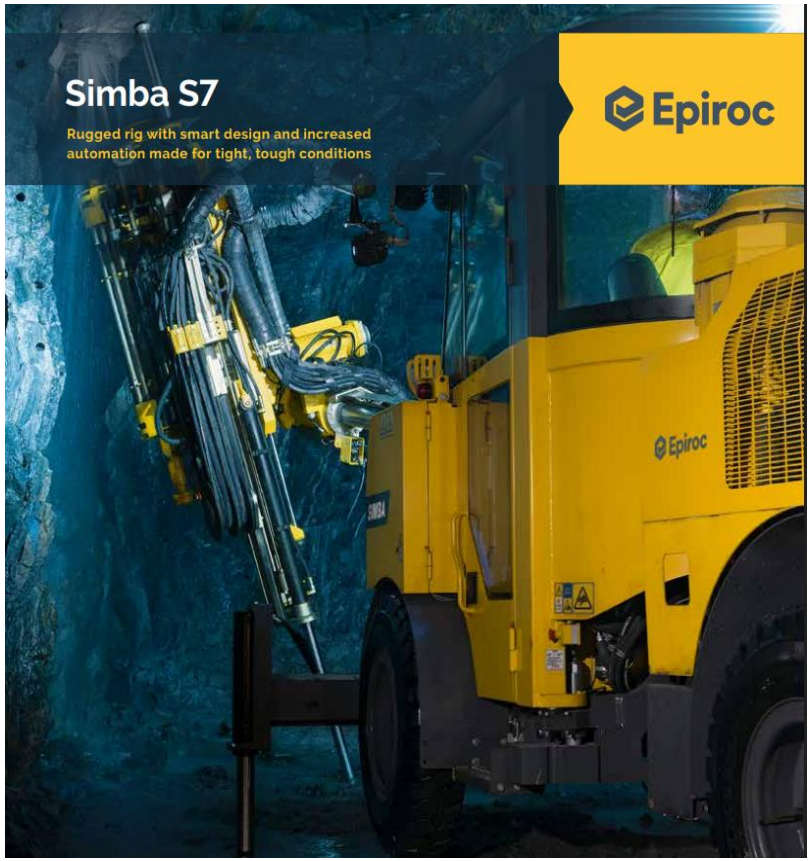
MINA 2

MINA 3

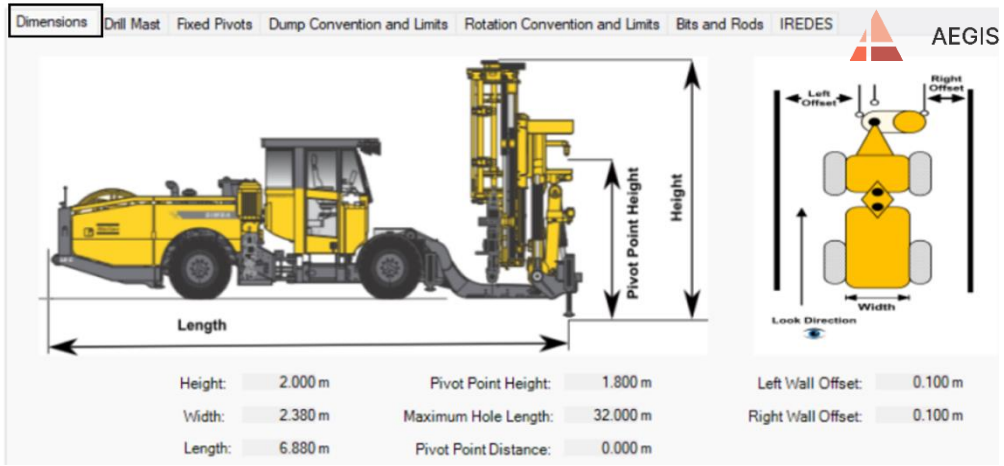
METODOLOGÍA

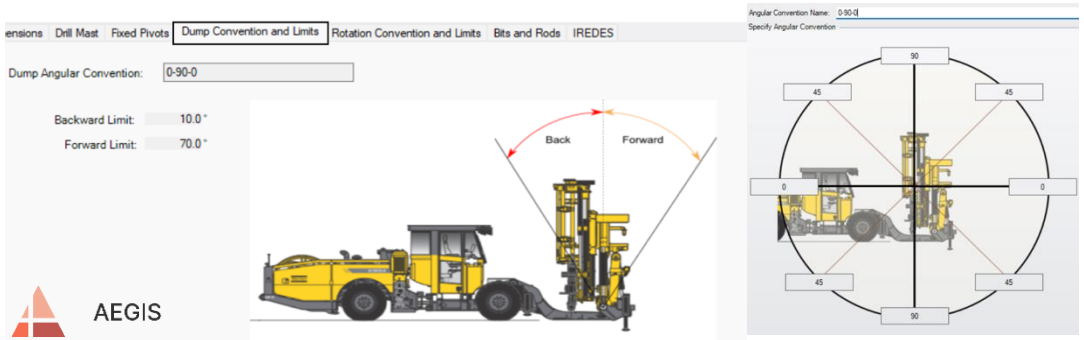
(Configuraciones Generales)

Configuración del Equipo

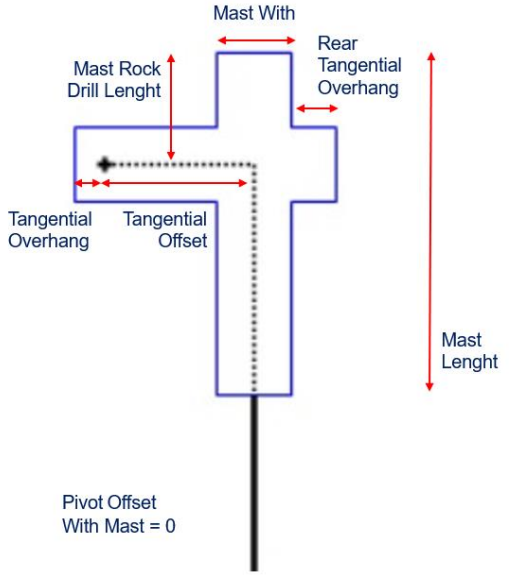


Parámetros generales - Software





Parámetros del mástil



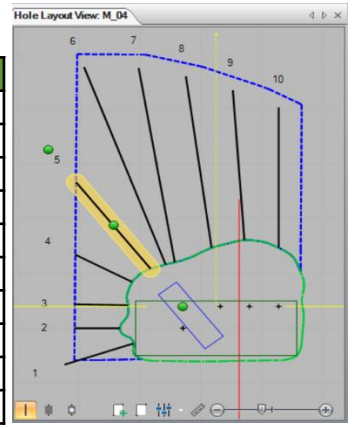
METODOLOGÍA

(Reporte de Perforación)

Reporte de Perforación Convencional

Tabla de Coordenadas de Puntos Collar

Taladro	Coordenada x (m)	Coordenada y (m)	Coordenada z (m)
1	308685.29	8843036.88	4138.63
2	308685.75	8843036.89	4139.19
3	308685.47	8843036.88	4140.02
4	308685.34	8843036.88	4140.88
5	308684.73	8843036.88	4141.36
6	308684.24	8843036.87	4141.52
7	308683.94	8843036.87	4141.60
8	308682.72	8843036.86	4142.12
9	308681.64	8843036.85	4142.40
10	308680.52	8843036.84	4142.12



Reporte de Perforación Tangencial

Tabla de Coordenadas de Puntos Collar

Taladro	Coordenada x (m)	Coordenada y (m)	Coordenada z (m)
1	308685.03	8843037.08	4138.46
2	308685.22	8843037.08	4139.38
3	308685.18	8843037.08	4140.04
4	308685.05	8843037.08	4140.59
5	308684.91	8843037.08	4141.03
6	308684.71	8843037.08	4141.26
7	308684.47	8843037.08	4141.37
8	308683.18	8843037.06	4141.90
9	308682.07	8843037.05	4142.32
10	308680.96	8843037.04	4142.31
11	308680.63	8843037.04	4142.16

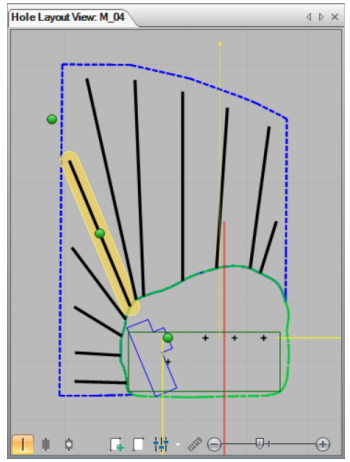


TABLA DE VARIABILIDAD

Tangencial - Convencional

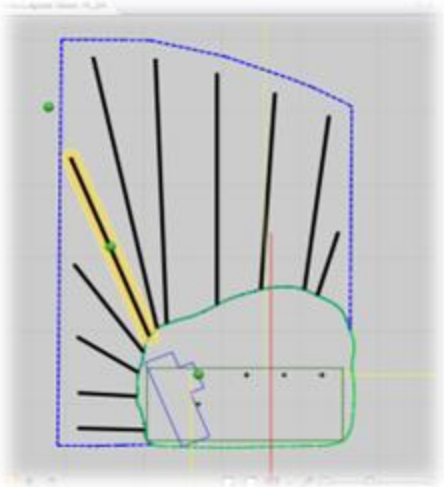
Taladro	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	D_h (m)	D_3D (m)
1	-0.260	0.200	-0.170	0.328	0.369
2	-0.530	0.200	0.190	0.566	0.597
3	-0.290	0.200	0.020	0.352	0.353
4	-0.290	0.200	-0.290	0.352	0.456
5	0.180	0.200	-0.330	0.269	0.426
6	0.470	0.200	-0.260	0.511	0.573
7	0.530	0.200	-0.230	0.566	0.611
8	0.460	0.200	-0.220	0.502	0.548
9	0.430	0.200	-0.080	0.474	0.481
10	0.440	0.200	0.190	0.483	0.519

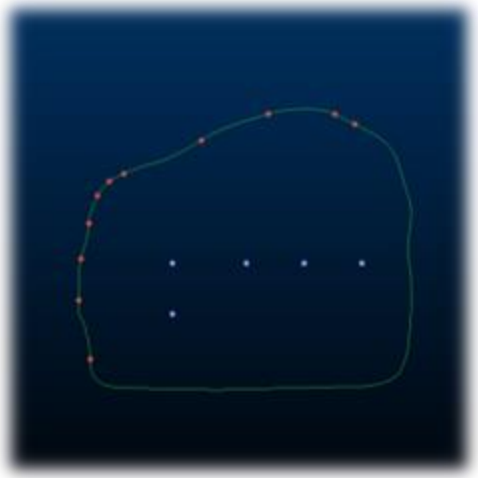
Fórmulas

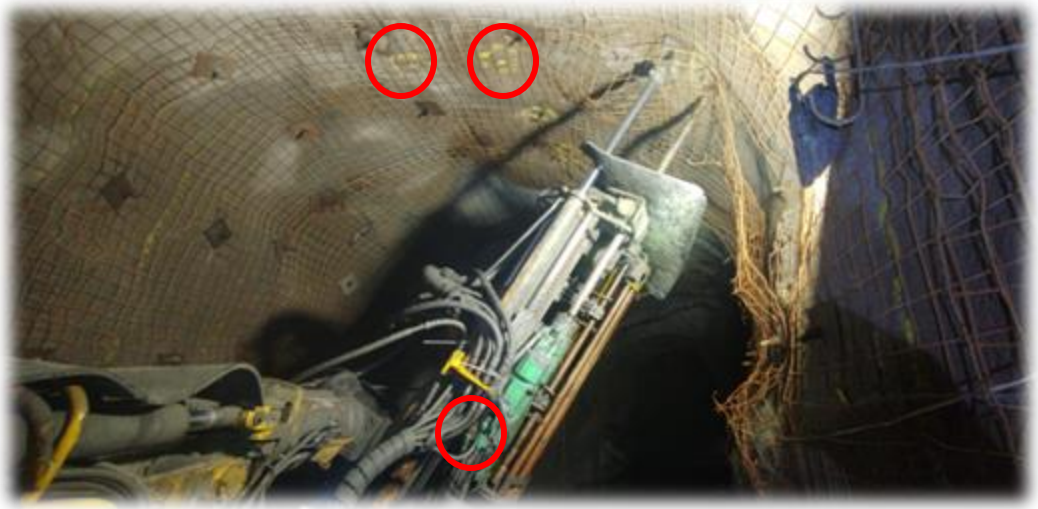
$$D_h = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$D_3d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + +\Delta z^2}$$

Implementación en la Operación





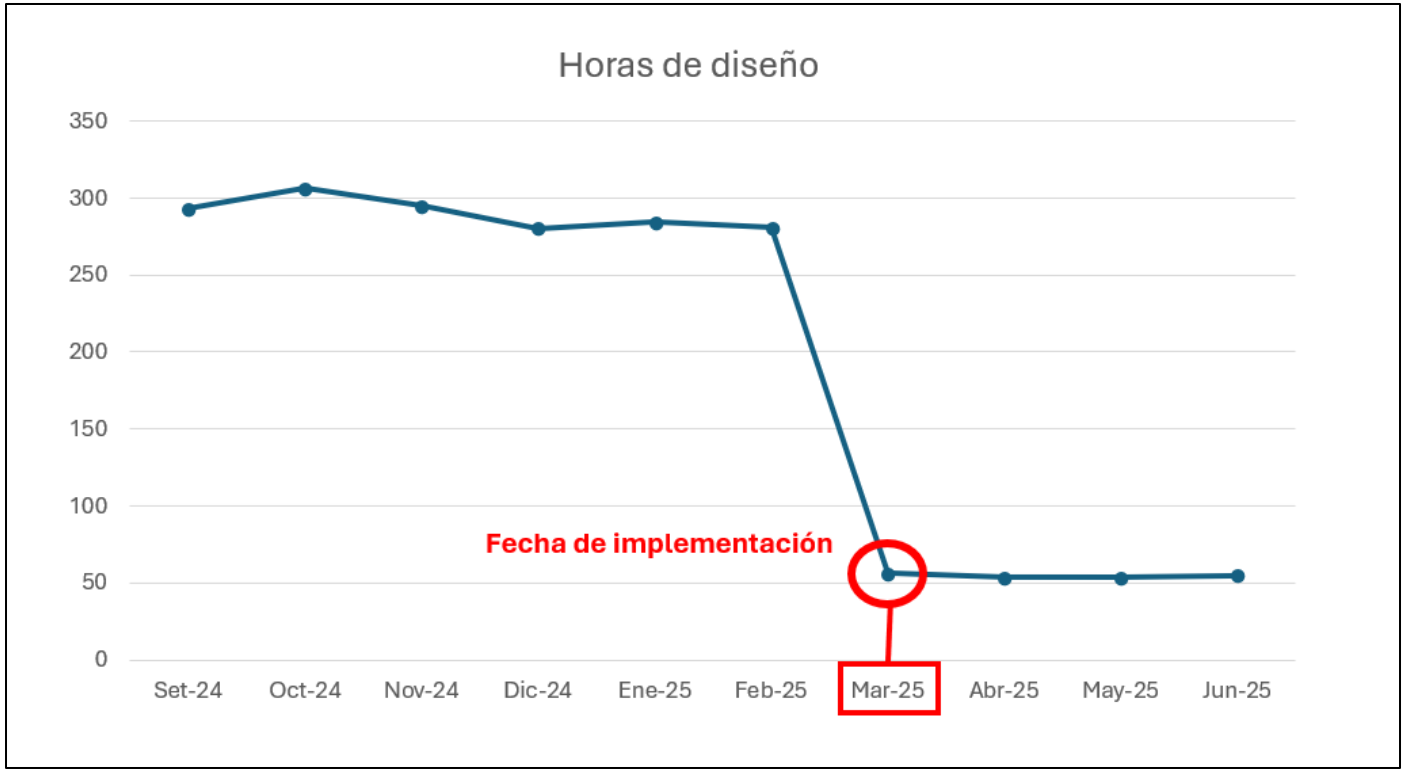


Impacto en Tiempo en la Operación

Consideraciones importantes

- Fecha de Implementación: (Marzo 2025)
- Impacto positivo en la optimización del tiempo operativo
- Automatización en el diseño de las perforaciones tangenciales
- Ahorro en horas hombre del 80% a partir de la fecha de implementación

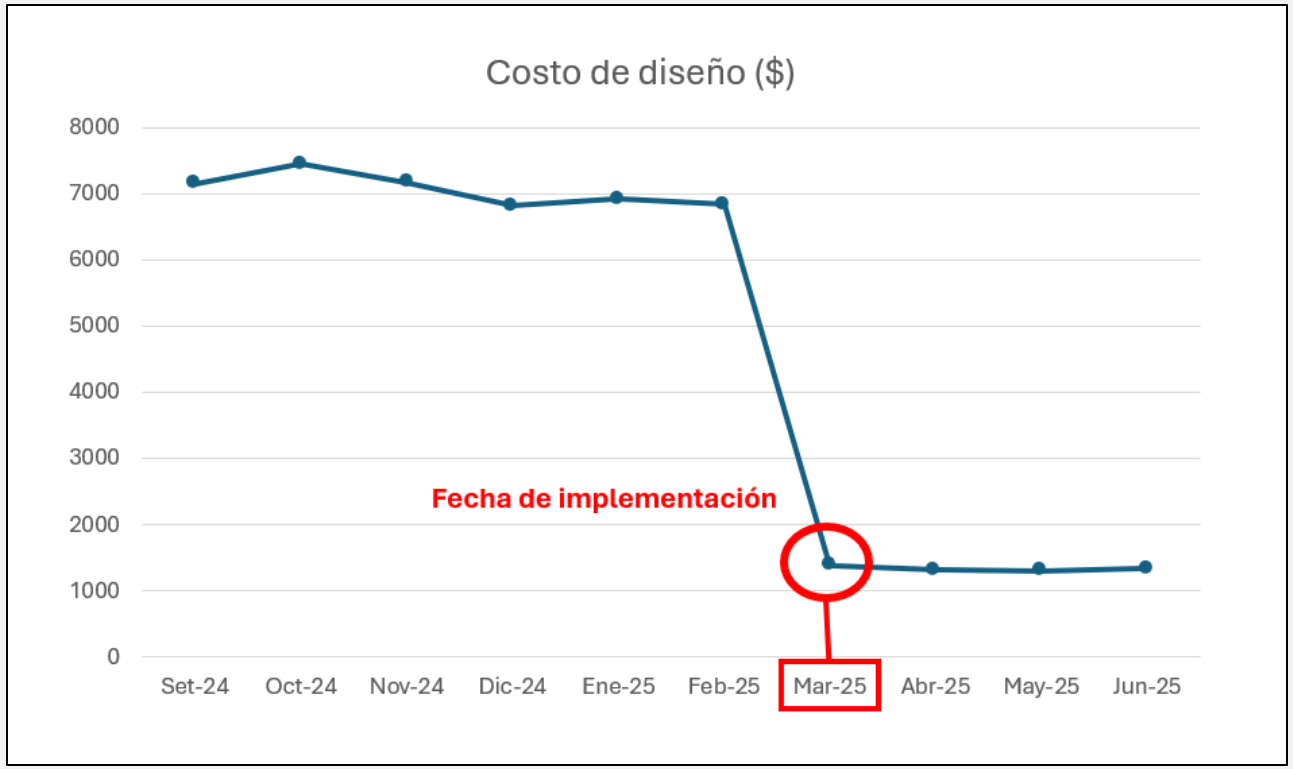
Tendencias de Horas de Diseño Mensuales en una Unidad Minera



Impacto Económico en la Operación

* Optimización en tiempo

Tendencias de Costos de Diseño Mensuales en la Unidad Minera



Consideraciones importantes

- Fecha de Implementación: (Marzo 2025)
- Impacto Económico Positivo
- Reducción de costos de diseño en un 80%
- No se está considerando el costo de oportunidad del tiempo ahorrado, ahora destinado a otras actividades

Impacto Económico en la Operación

* Disminución en desviación de taladros

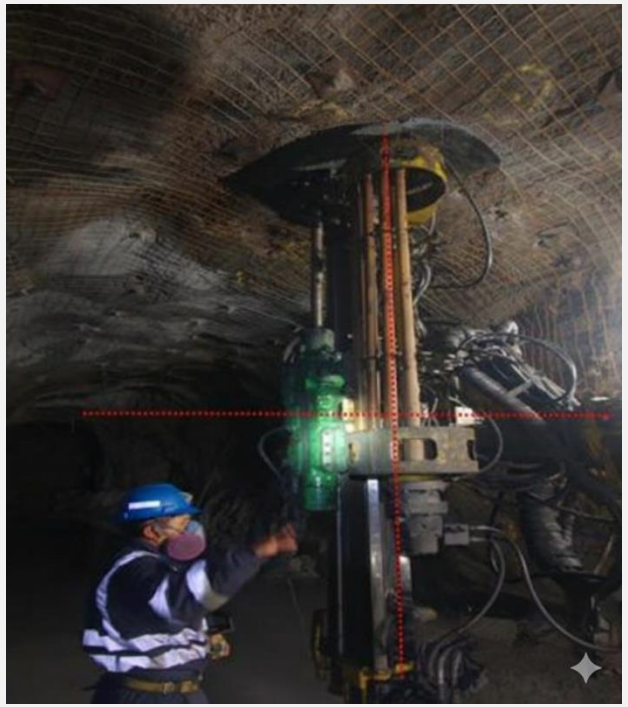
	ANTES	AHORA
	Perforación Convencional	Perforación Tangencial
TMD	10,600	10,600
Ley Zinc	5.23%	5.36 %
Recuperación	90.00 %	90.00%
Precio Metal ($/TN)	2,940	2,940
INGRESOS ANUALES ($)	528,080,213	541,206,490

Diferencia ($)	13,126,277

Diferencia (M$)	13.1

CONCLUSIONES

Implementación en la operación minera



#1 Se logró **optimizar** las actividades de perforación en **3 operaciones mineras** mediante la **implementación** de soluciones **automatizadas** para el diseño de **perforaciones tangenciales** aplicados a mallas de taladros largos.

#2 Fue posible alcanzar un nivel de **precisión y detalle** en los diseños que anteriormente no se habían logrado, lo que permitió **reducir las desviaciones** en la ejecución de los **taladros en un 40%.**

#3 La implementación de esta nueva función **redujo costos** de diseño en un **80%** en una de las operaciones mineras, por lo que se obtuvo un **impacto económico positivo**.

#4 Se concluye que esta metodología **minimizó los dobles esfuerzos** en el diseño de las mallas de perforación, logrando así optimizar el tiempo y los recursos empleados en ello

> En futuros proyectos, esta nueva **solución automatizada** de diseño de **perforaciones tangenciales**, podría **implementarse** también en otras **operaciones mineras** de manera eficiente.

PARA EL DISEÑO DE MALLAS DE PERFORACIÓN TANGENCIAL

AGRADECIMIENTOS

A Datamine Perú S.A. – Herramientas del software Aegis

A las tres empresas mineras del Perú, por facilitar la implementación en campo dentro de sus instalaciones y contribuir al desarrollo técnico de este proyecto.

DATAMINE

SOLANGE RIOS

DATAMINE LATAM HISPANIC
Cel (+51) 989 304 223
solange.rios@dataminesoftware.com