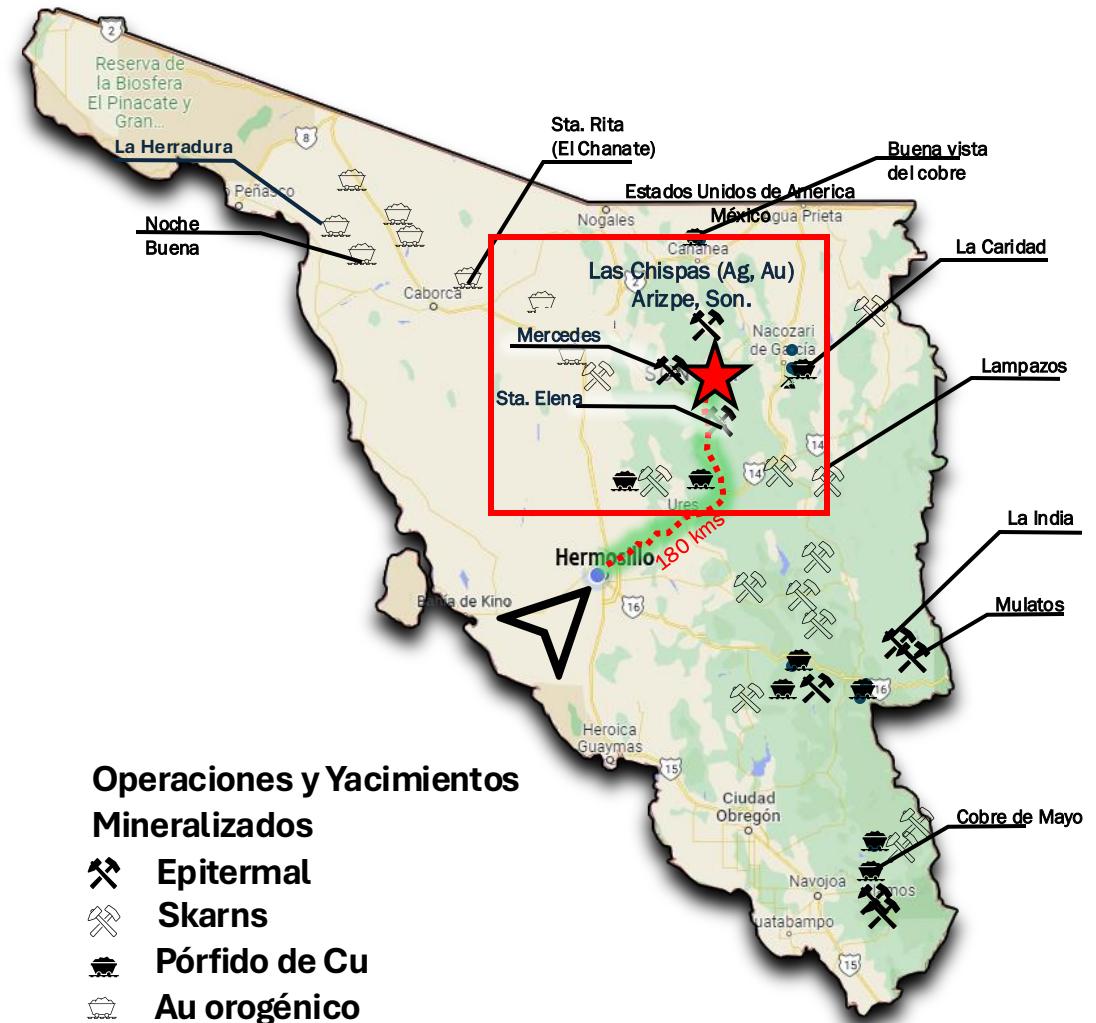




Control de la Dilución en vetas angostas explotadas en calidad de
roca Mala utilizando el método SLS en Mina Las Chispas

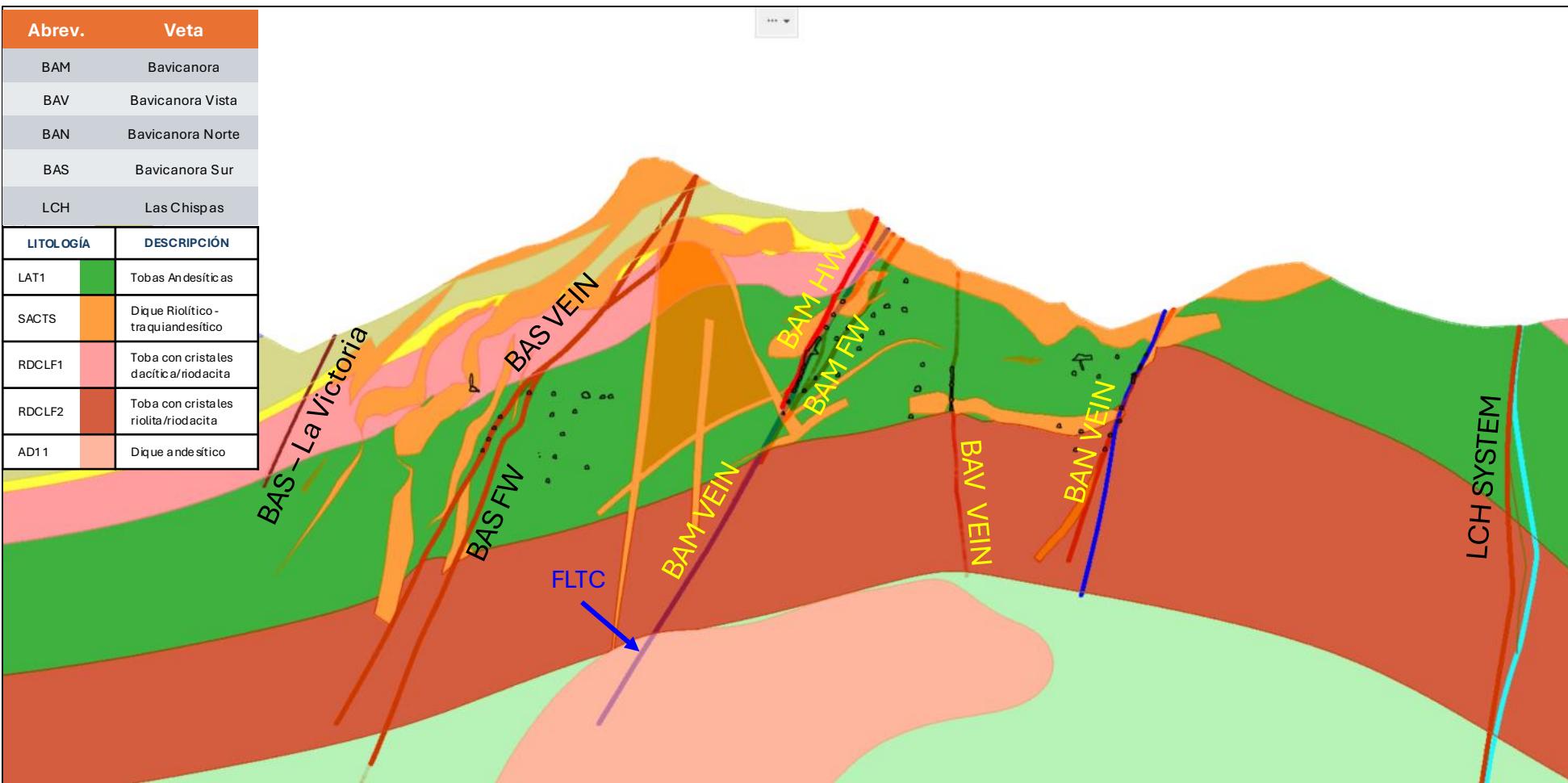
UBICACIÓN DE LA MINA LAS CHISPAS

- Se ubica aproximadamente a 180 km al noreste de la ciudad de Hermosillo dentro del Distrito Minero Arizpe en el norte de México.
- La propiedad minera comprende 27 concesiones mineras en aproximadamente 1,414ha.



Estructuras Principales – Mina Las Chispas

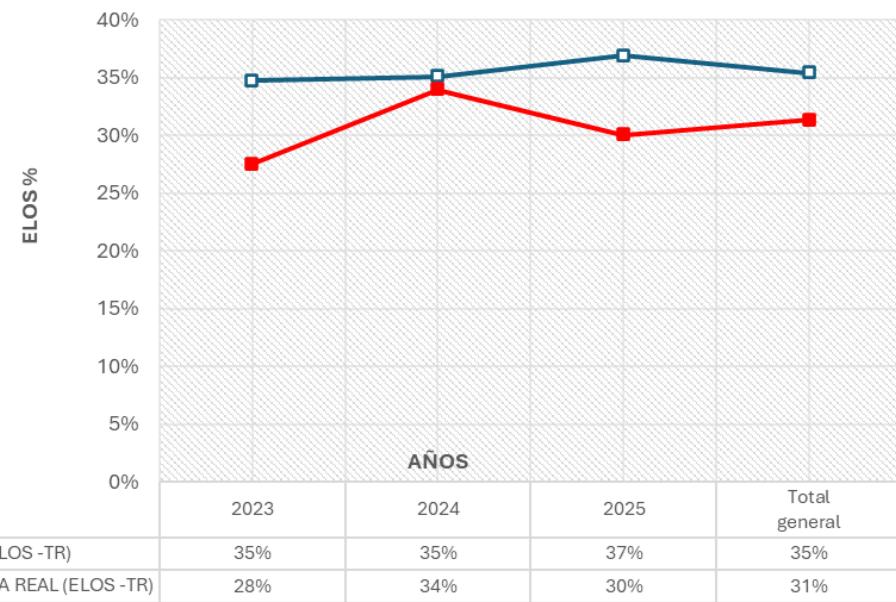
- Actualmente la operación minera se distribuye en 05 estructuras, obteniendo el aporte de mineral de las vetas BAM, BAV, BAN y BAS.
- En general la calidad de roca encajonante de los rebajes planeados en mina Las Chispas para el año 2025 es tipo III (Regular). Sin embargo, el mayor aporte de mineral planeado esta en BAM, donde predomina como roca encajonante una calidad de roca mala a muy Mala.



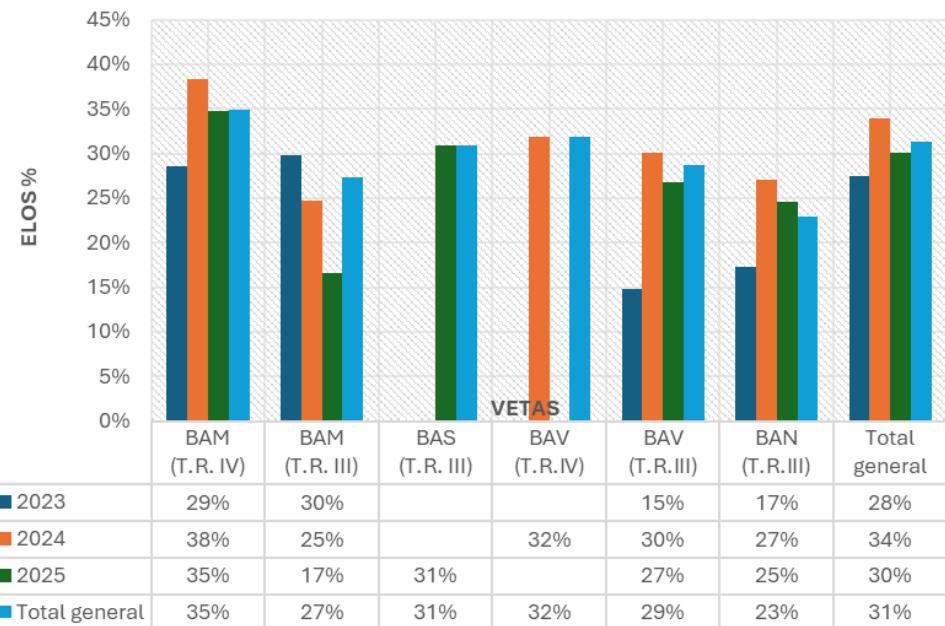
Evolución de la Dilución Operativa (ELOS)

- Dilución planeada estimada para el año 2025 en vetas angostas es del 35%.
- Ancho promedio de las vetas = 1.4 m (rango de 0.30 m a 5 m).
- Ancho promedio de minado = 3.5 m (ancho mínimo de minado = 1.5 m).
- Dilución real promedio en calidad de roca Mala (tipo IV) = 33%.
- Dilución real promedio en calidad de roca Regular (tipo III) = 27%

Comparativo Dilución Planeada vs Real



Comparativo Dilución Real (x Veta y Tipo de Roca)

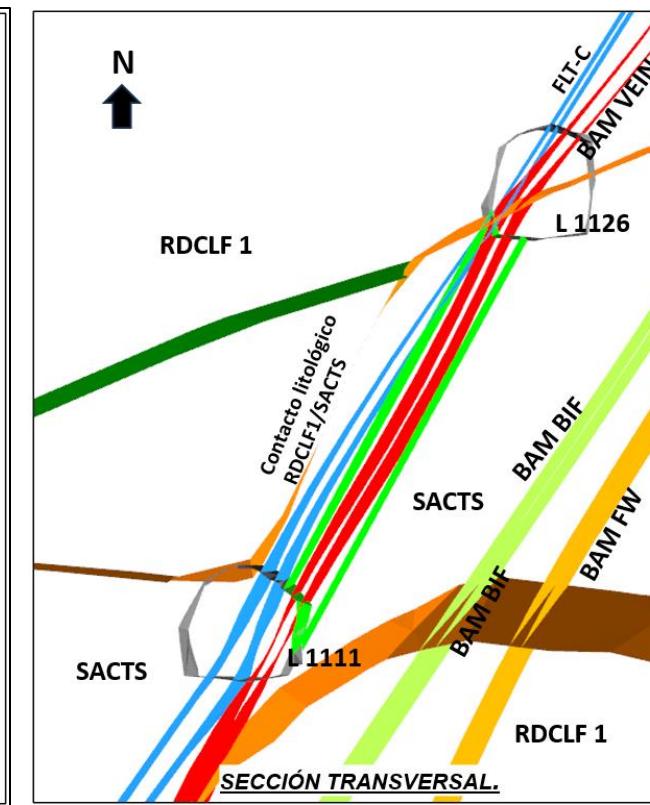
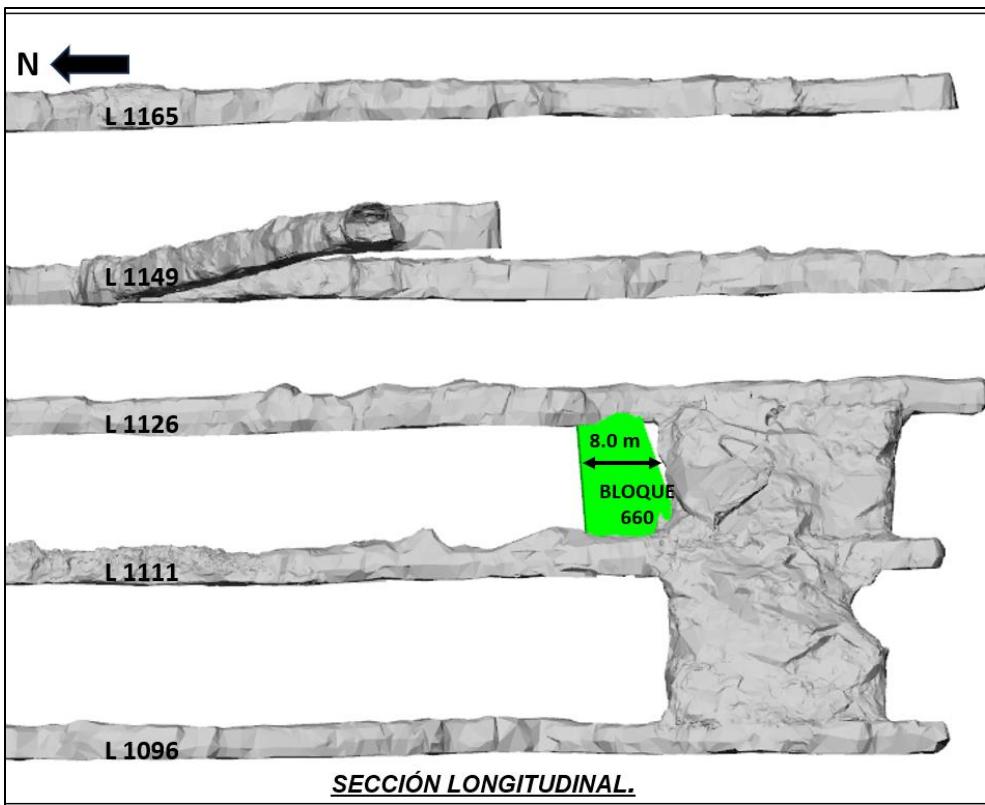


Dimensionamiento de rebaje SLS

Método Gráfico de Estabilidad (MGE)

Parámetros para considerar en el minado por SLS (barrenación larga):

- Análisis estructural en el block a minar.
- Cálculo de esfuerzos pre minado (tensiones gravitacionales) y caracterización del macizo rocoso por dominio estructural.
- Geometría de minado (Radio Hidráulico) y Calculo del Número de estabilidad (N').



Cálculo de esfuerzos (tensiones gravitacionales)

Rebaje	Profundidad		Esfuerzo Vertical (MPa)	Constante k	Esfuerzo Horizontal (MPa)
	Respecto a Nivel	Prof. (m)			
BAM_660_REB-BL_1111_PROD	1111	218	5.46	1.2	6.55

Caracterización del macizo rocoso

Dominio Estructural	Caracterización del Macizo Rocoso					mi	Densidad (t/m³)	S ₀ (MPa)
	Respecto a Nivel	Prof. (m)	Indice RMR	Clase	Tipo de Roca			
SACTS	1111	218	36	IV	Mala	MF/P	0.41	25
VETA	1111	218	34	IV	Mala	MF/P	0.33	19
RDCLF1	1111	218	47	III	Regular	F/R	1.4	25
FLTC	1111	218	14	V	Muy Mala	MF/MP	0.04	4

Geometría del rebaje a minar por SLS

Subnivel	Ancho de Estructura (m)	Buzamiento (°)	Altura de subnivel vertical de piso a piso (m)	Distancia Inclinada Sin Sostenimiento (m)	Altura banco (m)
BAM_660_REB-BL_1111_PROD	1.58	62°	17.2	24.85	14.3

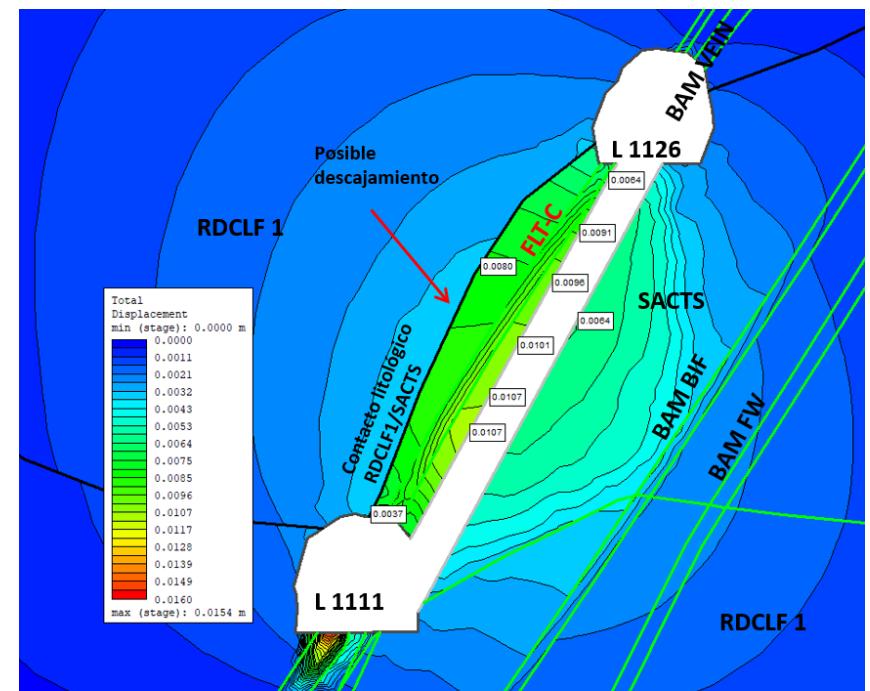
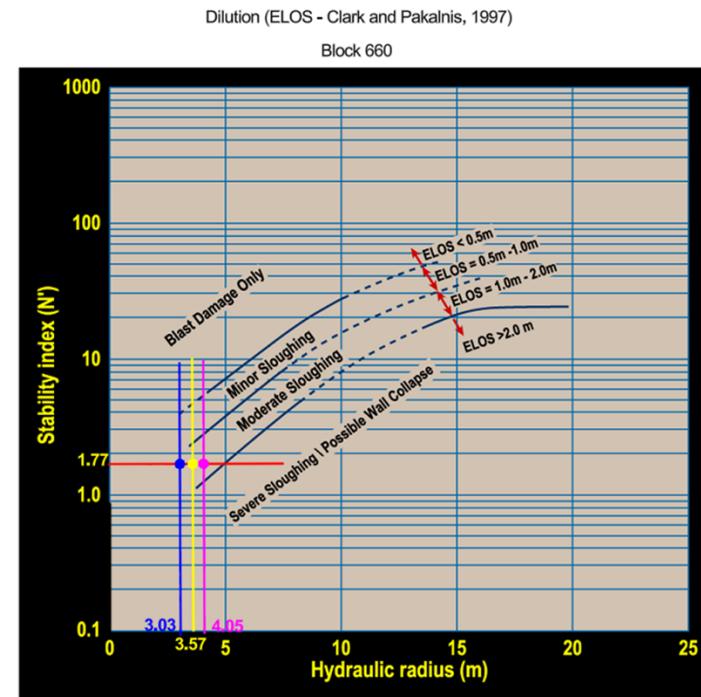
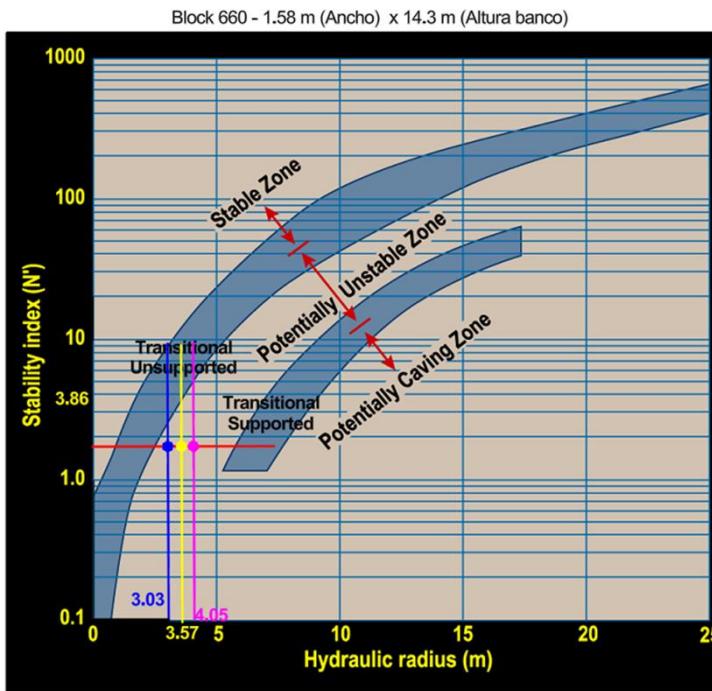
Cálculo Número de estabilidad (N') y Radio Hidráulico (RH)

LMA	Dominio Estructural	Nivel	R.HCT (caja techo)	R.HC (corona)	N'	Ancho de Estructura (m)	Estabilidad del Rebaje
LMA 8 m	SACTS	1111	3.03	0.66	1.77	1.58	Zona Potencialmente Inestable
LMA 10 m	SACTS	1111	3.57	0.68	1.77	1.58	Zona Potencialmente Inestable
LMA 12 m	SACTS	1111	4.05	0.7	1.77	1.58	Zona Potencialmente Inestable

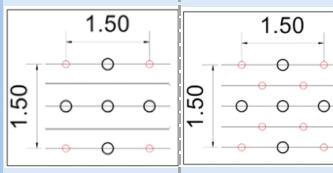
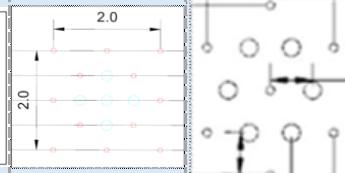
Dimensionamiento de rebaje SLS

Método Gráfico de Estabilidad (MGE)

- Aplicando el Método Gráfico de Estabilidad - Mathews et al. (1981).
- Cálculo de la dilución operativa (sobre rotura equivalente lineal: ELOS).
- Análisis de deformaciones (desplazamientos totales y esfuerzos) en el banco abierto por Métodos Numéricos (software RS2).
- Cálculo de refuerzo del soporte con Cable Bolting.

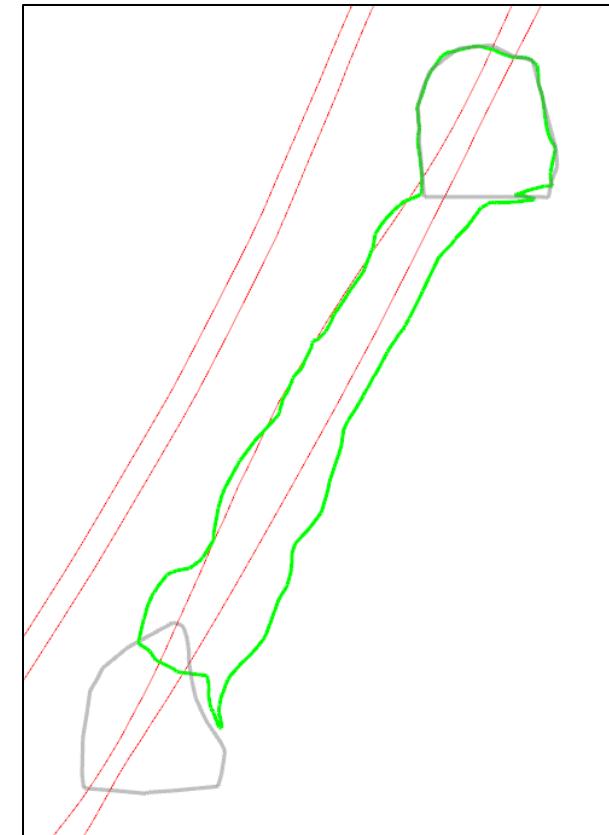


1.- Del análisis de desplazamientos totales, se observa una zona al alto de hasta 1.07 cm de desplazamiento, con probabilidad de desprendimiento de hasta 2.0m debido a la presencia del contacto litológico entre SACTS y RDCLF1 y la presencia de la falla FLT-C al alto.

Características	2022	2023	2024	2025
# de barrenos	9	13	17	13
Escarreados a 6"	5	5	5	6
Diámetro barrenos	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"
Plantilla (m)	1.5x1.5	1.5x1.5	2x2	1.8x2
Cargado				
Iniciador	Pirotécnico	Pirotécnico	Electrónico	Electrónico
Secuencia (ms)	400	400	300	450
Carga de columna	Anfo Reg (0.75g/cc)	Anfo Reg (0.75g/cc)	Anfo Bde (0.65g/cc)	Anfo Bde (0.65g/cc)
Cebo (prime)	Emulsión encartuchada 2"x16" (1.12g/cc)	Emulsión encartuchada 2"x16" (1.12g/cc)	Booster 150g (1.64g/cc)	Booster 150g (1.64g/cc)
Fc promedio (kg/t)	2.09	3.90	3.29	1.91
Comentarios				
Puntos a favor	Menor tiempo de barrenación	Mejoras en la apertura de cuñas	Se resuelven problemas de comunicación de barrenos	Menos barrenos que la propuesta anterior
	Menor consumo de explosivo		Se aprovechan los barrenos escarreados	Gran aprovechamiento en los barrenos de aire
Puntos en contra	No genera problemas a la estructura del alto		Versatilidad en la secuencia	Menor impacto al terreno (alto)
	Desviación mínima de barrenos genera problemas.	Fc muy alto.	Poca área para desplazamiento de carga.	Mayor número de escarreados genera mayor tiempo de rimado.
Imagen del diseño	1.50	1.50	2.0	
				

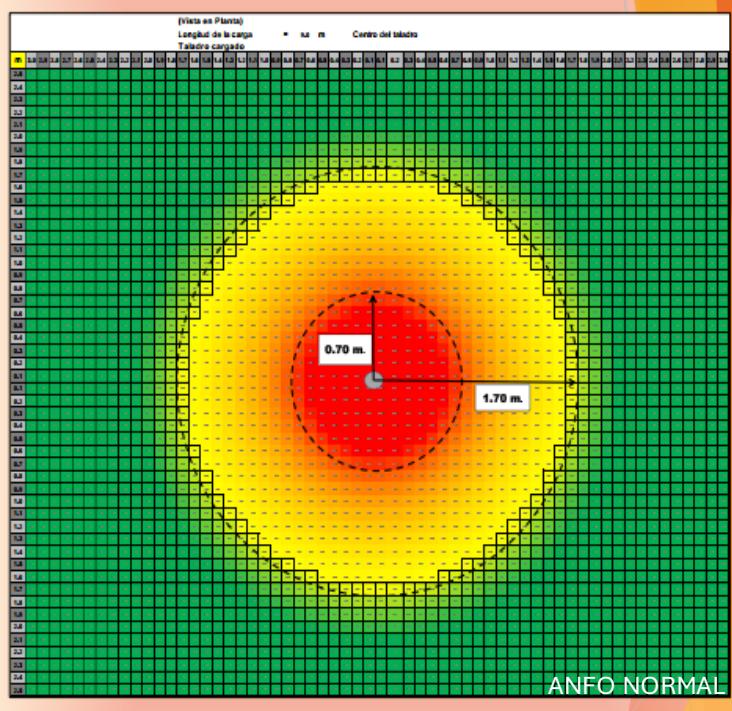


Apertura del slot (cuña)

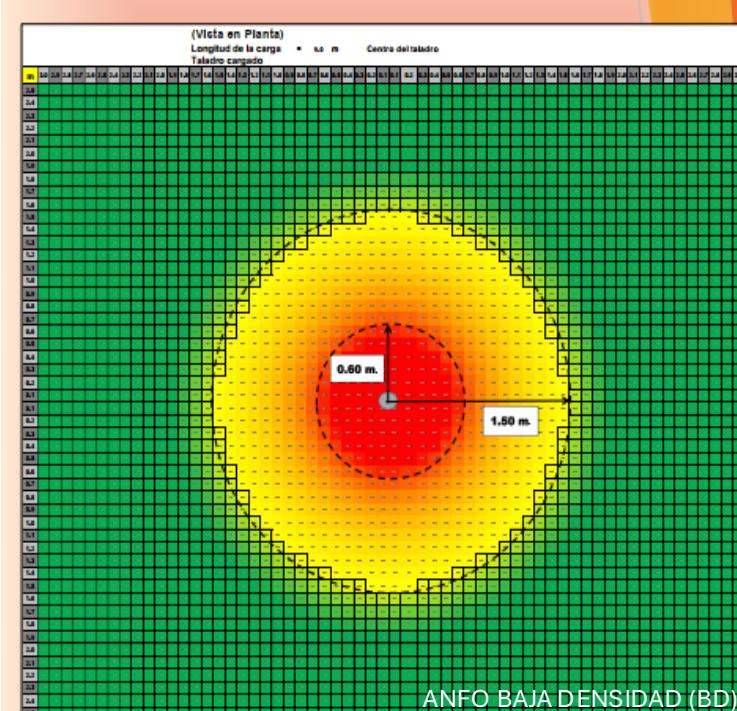


Escaneo cuña abierta

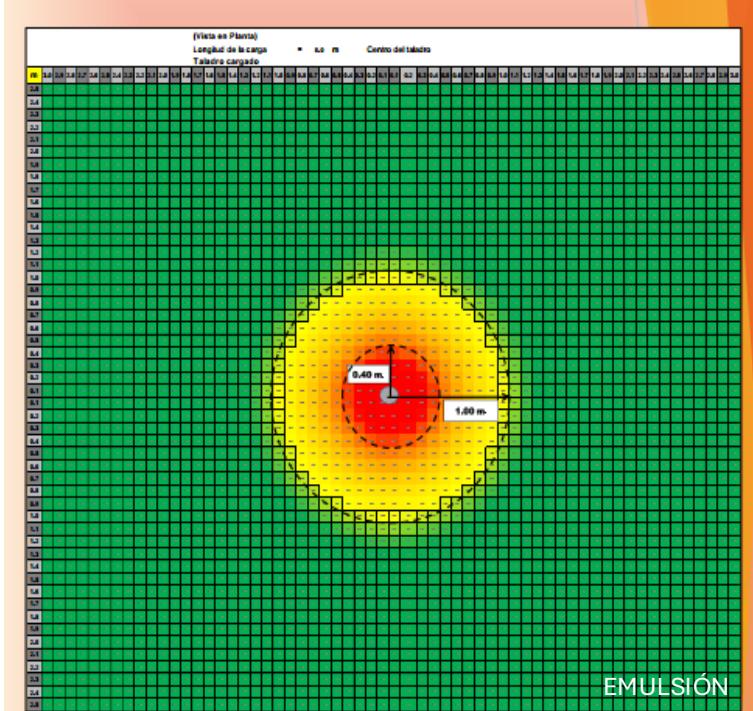
Vista de planta



Vista de planta



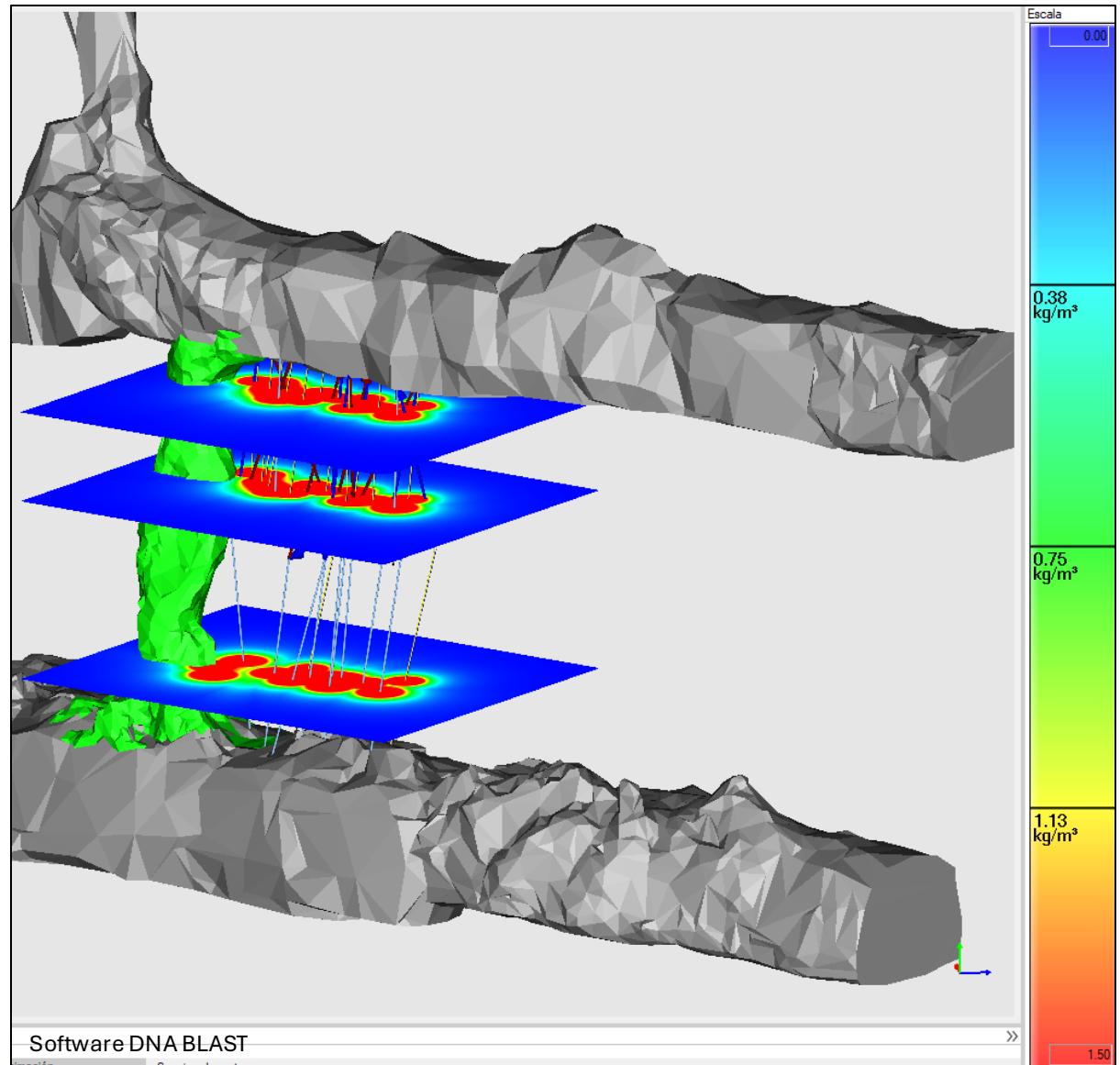
Vista de planta



CRITERIO DE DAÑO DE H y P		EMULSION 63.5 mm	
DAÑO	VPP	ANFO BD 63.50 mm	d (m)
Intenso fracturamiento (4 x VPPc)	5,423.66		0.39
Creación de nuevas fracturas (1 - 1.4 x VPPc)	1,355.91		1.19
No se causa daño ni se crean fracturas (1 x VPPc)	968.51		1.57

CRITERIO DE DAÑO DE H y P		ANFO BD 63.50 mm	
DAÑO	VPP	ANFO BD 63.50 mm	d (m)
Intenso fracturamiento (4 x VPPc)	5,423.66		0.51
Creación de nuevas fracturas (1 - 1.4 x VPPc)	1,355.91		1.56
No se causa daño ni se crean fracturas (1 x VPPc)	968.51		2.04

Para el carguío de barrenos en vetas angostas y en calidad de roca Mala a Muy Mala, se utiliza emulsión empacada y distribuida por medio de cordón detonante, de esta manera se genera un menor impacto al alto del rebaje y una menor dilución.



Simulación de energía generada por la voladura, analizada en software indicando la cantidad de energía generada por el explosivo (kg/m^3).

La escala comienza con colores fríos (en azul) que representan menor generación de energía seguido, en tonos verdes se representa generación de energía media y en rojo se representa la mayor cantidad de energía.

Del análisis se concluye que la cantidad de kg/m^3 de explosivo utilizado se encuentra dentro de los parámetros permisibles para una voladura controlada.

La energía es uniforme en el ancho del block mineralizado, sin tener un exceso de carga (menor sobre rotura y buena fragmentación).

Aplicación del Minado SLS en mina Las Chispas



Barrenación e inyección de cable bolt



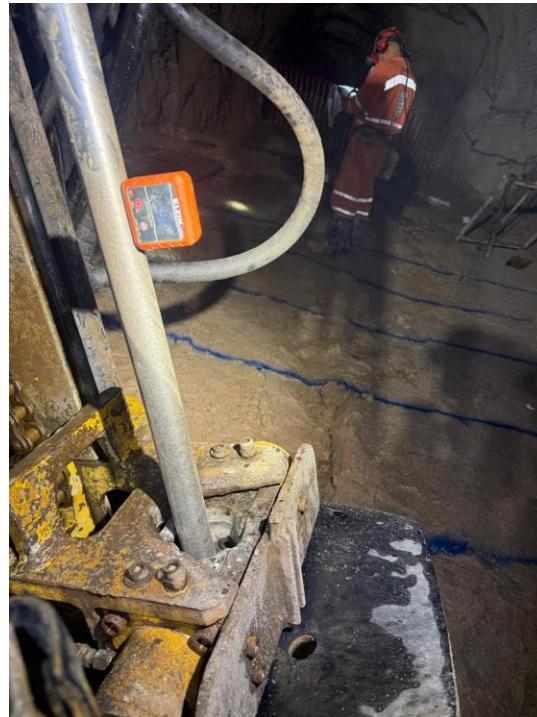
Marcaje topográfico de secciones



Aplicación del Minado SLS en mina Las Chispas



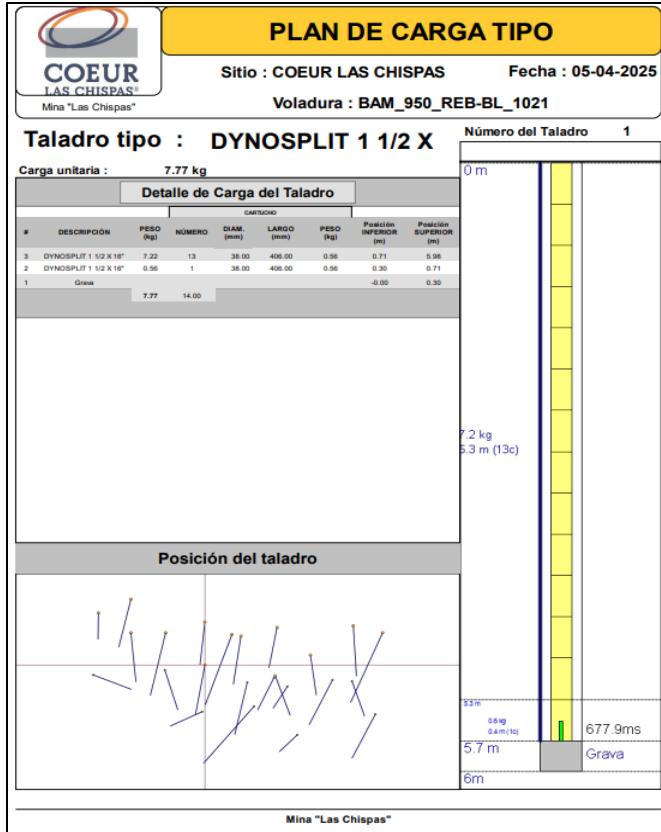
Inicio de barrenación (posicionamiento)



Verificación de barrenos y Levantamiento topográfico de barrenos



Aplicación del Minado SLS en mina Las Chispas



Elaboración de plan de cargado



Cargado de barrenos (apertura del slot)



Aplicación del Minado SLS en mina Las Chispas

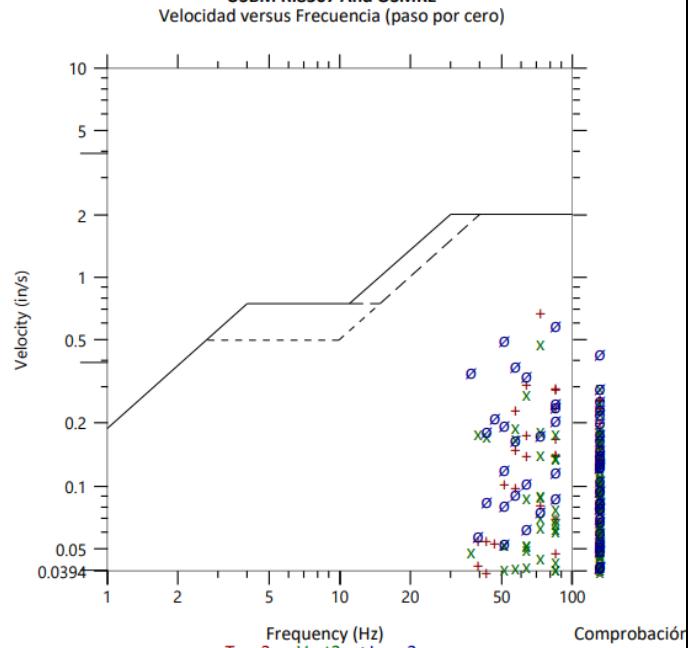
Resultados



Rebaje abierto en minado por SLS

Aplicación del Minado SLS en mina Las Chispas

Resultados

Event Report						
Origen de activador de Forma de onda	Long en septiembre 30, 2025 07:04:41	Número de serie	MP14453			
Niveles de activación	Geo 0.2000 in/s	Número de modelo	Minimate Pro 6 10.75			
Pre activación/Hora de registro	0.25 sec/1.62 sec (Auto)	Nivel de batería	4.2 volts			
Velocidad de muestra	1024 sps	Calibración de la unidad	marzo 25, 2025 por Instintel			
Nombre de archivo de configuración	LA LLAMARADA 2025.nsb	Calibración de geófono	SE14137, marzo 25, 2025 por Instintel			
Operador	Nicolas_	Nombre del archivo del evento	MP14453_20250930070441.IDFW			
Número de trabajo	1					
Notas						
Location						
Client	LA LLAMARADA 2025					
Company	COEUR LC					
General Notes	MONITOREO DE VIBRACIONES					
Extended Notes	No hay texto que mostrar.					
Notas post evento	No hay texto que mostrar.					
ISEE Triaxial Geophone						
Velocidad de partícula pico	Tran2	Vert2	Long2			
Frecuencia paso por cero	0.6864 in/s	0.4881 in/s	0.5958 in/s			
Tiempo (relativo a activación)	73.1 Hz	73.1 Hz	85.3 Hz			
Aceleración pico	0.243 sec	0.145 sec	0.226 sec			
Desplazamiento de pico	0.844 g	0.928 g	1.113 g			
Comprobación del sensor	0.001 in	0.001 in	0.001 in			
Frecuencia	✓ Superada	✓ Superada	✓ Superada			
Proporción de sobre impulso	7.2 Hz	7.2 Hz	7.2 Hz			
	4.6	4.5	4.8			
Suma del vector pico	0.7101 in/s en 0.243 sec					
USBM RI8507 And OSMRE Velocidad versus Frecuencia (paso por cero)						
						

En el sismógrafo **MP1453** se tuvo el registro más alto de velocidad de partícula pico de 0.7101 in/s (18.04 mm/s) con una frecuencia de 85.3 Hz en el sensor longitudinal, este resultado de acuerdo con la norma USBM 8507 del United States Bureau of Mines (USBM), está por debajo del límite de ocasionar daño estructural.

Aplicación del Minado SLS en mina Las Chispas

Reconciliación

PLANEACIÓN: Diseño con secuencia de barrenos 2-2 con cuña convencional, con 03 barrenos escareados a 6".

Se considera una inclinación de 55° y un ancho de la estructura de 0.50m, la altura promedio del bloque se considera en 15.1 m.

Se tiene una inclinación no del todo favorable para la ejecución del método de minado en conjunto con un contacto en la falla al alto.

GEOMECÁNICA: Se analiza el sólido de diseño recomendando un LMA de 7.0 metros, con un ELOS de 1.0 a 1.5 metros. Se tiene al alto una calidad de roca mala (RMR 34) en una litología RDCLF1. Presencia de contacto litológico entre RDCLF1 Y FAS1 al alto del banco a minar. LMA real ejecutado fue de 7.0 metros.

GEOLOGÍA: Estructura de Qz + Brecha de roca (Bx) encajonante RDCLF1, al alto se observa la FLT-C (FALLA). Desprendimientos de vetilleos llenos de Qz y Ca, esporádica presencia de óxidos y alteración propilítica. Ancho mineralizado de 1.20 m, compuestos por Qz + Bx y falla.

	Ton	AgEq dil g/t	AgEq Oz
Plan	1,026	558	18,414
Real	1,004	611	19,728

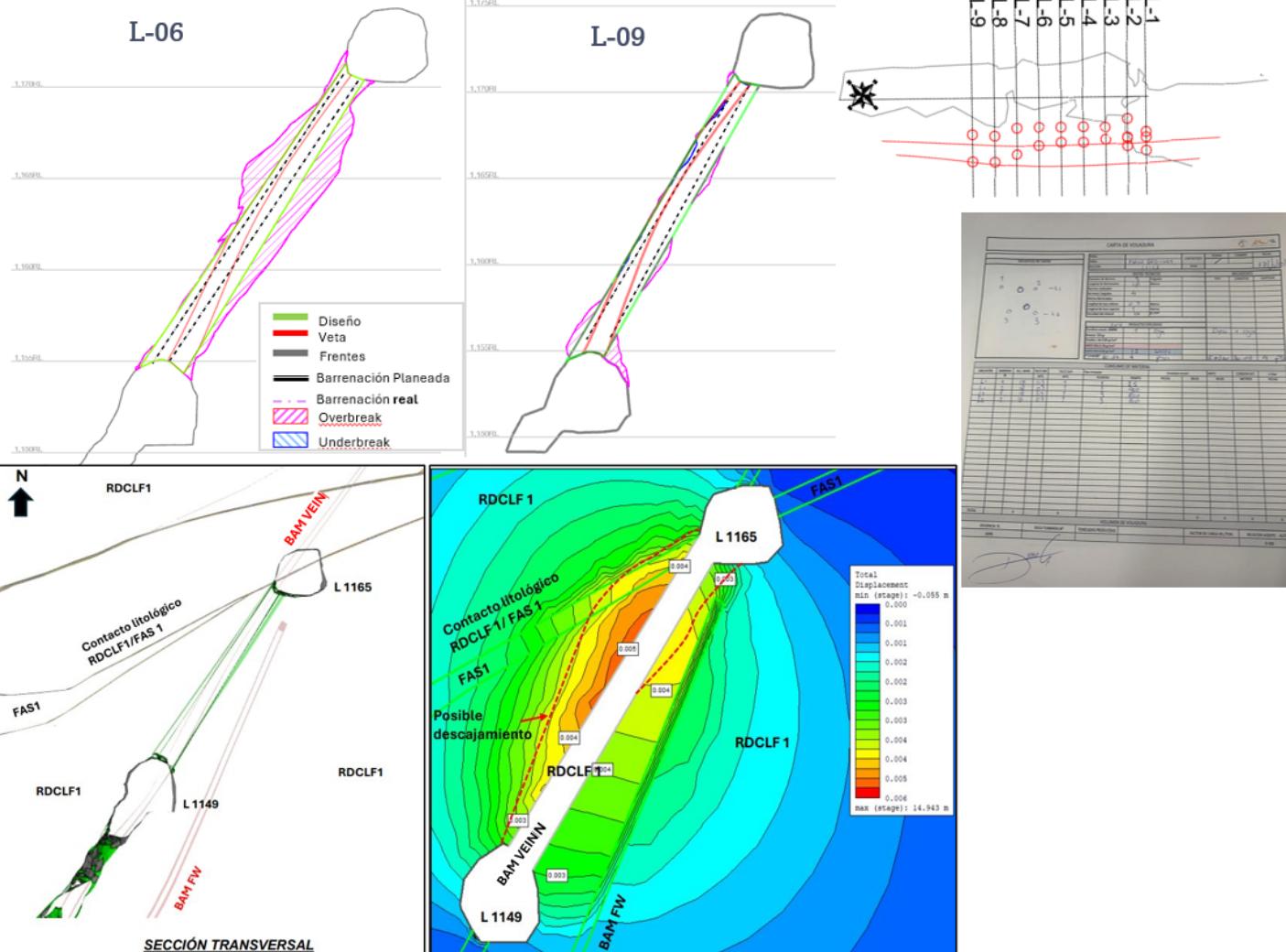
OPERACIÓN MINA: Se dispara la ranura en un evento con ANFO de Baja Densidad y cebado con 2 x 16.

La producción se dispara de la línea 4 a la 8 con baja densidad en los barrenos del bajo y dynosplit al alto. La línea 9 se dispara con puro dynosplit.

Fc (real): 0.73 kg/ t

DILUCIÓN EXTERNA (ELOS -TR)	DILUCIÓN EXTERNA REAL (ELOS -TR)	ORE LOSS (%)	ORE LOSS PERMISIBLE
43.52%	42.08%	1.12%	5%

- FACTOR DE CARGA: 0.92 kg/t
- ELOS : 2 m
- INCLINACIÓN DE VETA: 55°



Conclusiones

- En el yacimiento de Las Chispas es relevante realizar el análisis estructural para el minado de los blocks económicos, considerando fallas, ramales de vetas y contactos litológicos que influyan en la explotación en SLS.
- El control de la perforación y voladura es clave para la estabilidad de los rebajes SLS y reducir la dilución operativa (ELOS).
- El minado de Blocks económicos de vetas emplazadas en calidad de roca Mala puede ser controlados disminuyendo el radio hidráulico (disminución de altura de bancos o LMA (longitud máxima abierta)).
- La elección correcta del tipo de explosivo a utilizar para abrir el slot (cuña), y para cargar los barrenos de producción del minado SLS, influye para generar un menor daño del macizo rocoso con la voladura.
- Generar una reunión para analizar la reconciliación de rebajes minados en SLS ayuda a discutir oportunidades de mejora con el equipo de trabajo operativo.