

Problemas y Oportunidades Típicas en Planificación Minera



Alfonso Ovalle
Septiembre 2016

Agenda

1. Introducción
2. Problemas
3. Oportunidades
4. Conclusiones

Introducción

Experiencia en Planificación Minera

- ▶ Alfonso Ovalle
- ▶ Amec Foster Wheeler

Motivación para compartir experiencia

- ▶ Solicitud de SONAMI
- ▶ Mostrar lo que hacemos
- ▶ Compartir lo aprendido

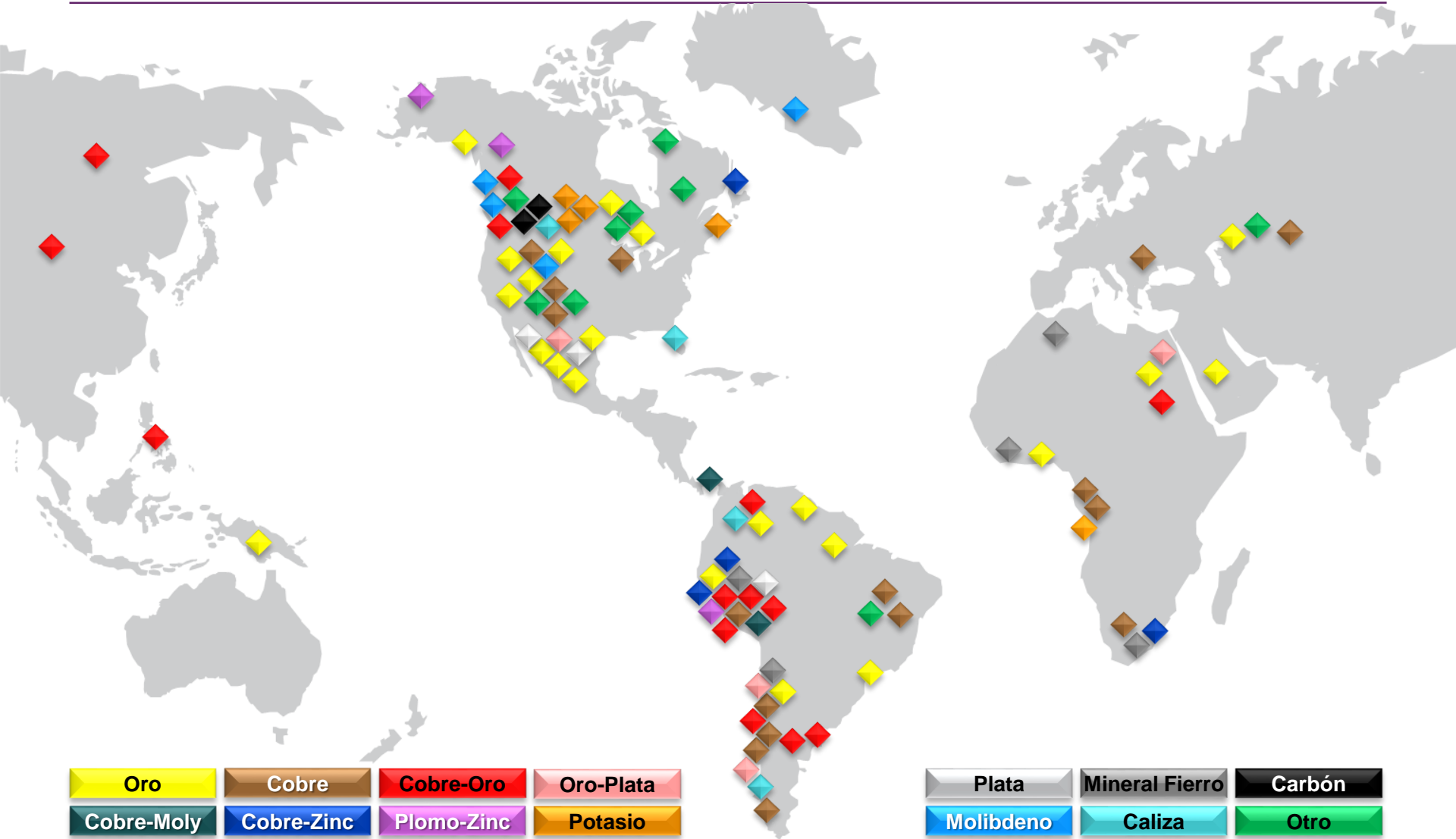
Planificación Minera

Alfonso Ovalle

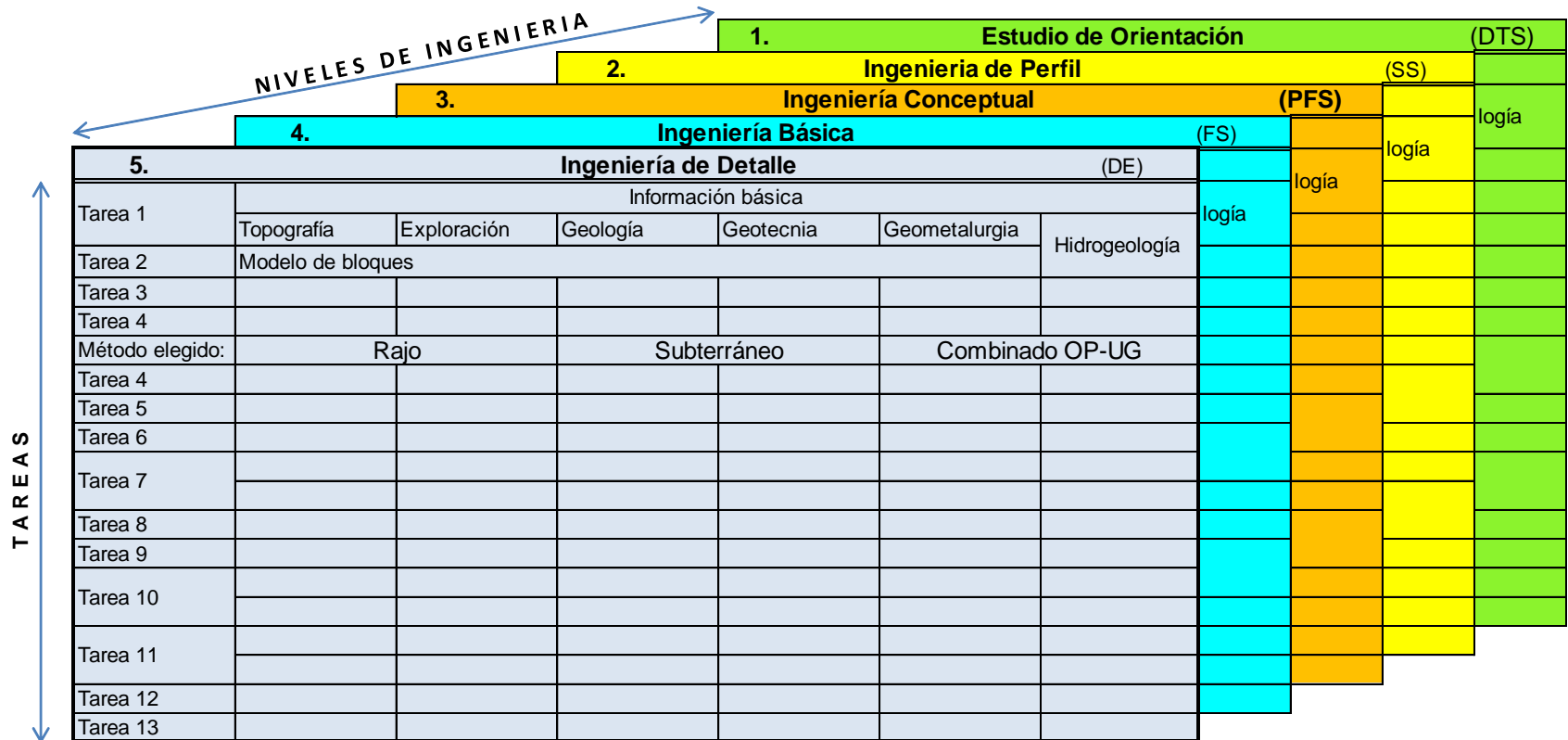
- ▶ Ingeniero Civil de Minas
- ▶ 47 años en minería
- ▶ 25 años en empresas mineras
- ▶ 22 años en ingeniería, 9 años en Amec Foster Wheeler
- ▶ + 100 estudios realizados
- ▶ 16 años haciendo Taller de Proyecto Minero en la U. de Chile

Experiencia Amec Foster Wheeler

Planificación Minera Proyectos de los últimos 6 años



Planificación Minera



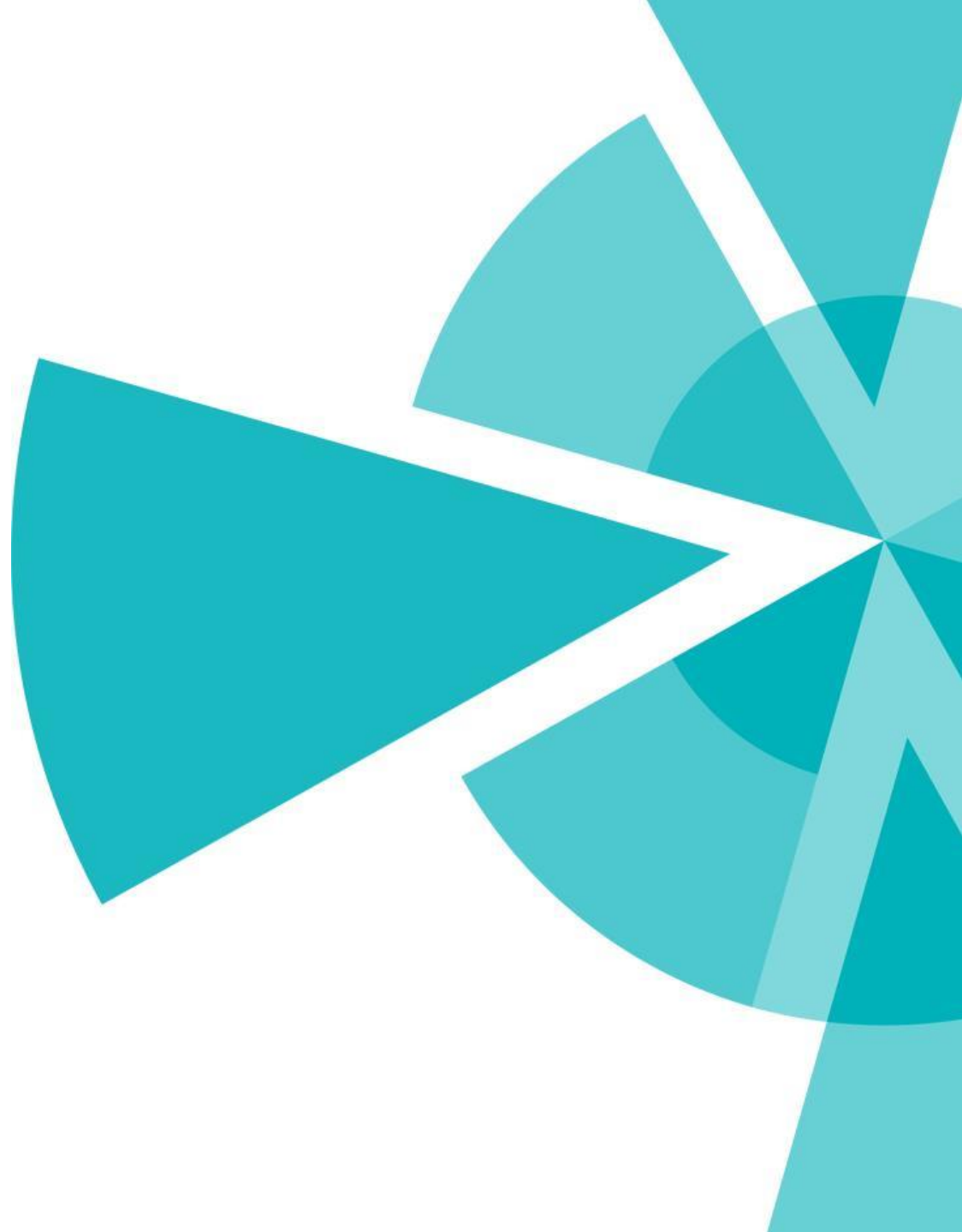
NIVELES DE INGENIERIA:

	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Duración</u>	<u>Horas</u>	
1.	Estudio de Orientación / Servilleta	DTS	Desk Top Study / Targeting Study	1 sem - 2 meses	100 - 600
2.	Ingeniería de Perfil / Diagnóstico	SS	Scoping Study / Conceptual Study	3 - 6 meses	500 - 5,000
3.	Ingeniería Conceptual	PFS	Pre-Feasibility Study	4 - 10 meses	3,000 - 40,000
4.	Ingeniería Básica	FS	Feasibility Study	6 - 14 meses	20,000 - 100,000
5.	Ingeniería de Detalle	DE	Detail Engineering	6 - 18 meses	30,000 - 200,000

Planificación Minera (cont.)

4. Ingeniería Conceptual (PFS)						
Tarea 1	Información básica					
	Topografía	Exploración	Geología	Geotecnia	Geometalurgia	Hidrogeología
Tarea 2	Modelo de bloques					
Tarea 3	T-O: método de explotación					
Tarea 4	Parámetros de planificación (mercado y precios, costos, tasa de actualización)					
Método elegido:	Rajo		Subterráneo		Combinado OP - UG	
Tarea 4	Pits anidados y pit final		T-O: método subterráneo		T-O: límite OP-UG T-O: método subterráneo	
Tarea 5	T-O: Capacidad-COG-VAN					
Tarea 6	Programa de Producción					
Tarea 7	Pits operacionales		Programa de desarrollos y construcciones		Pits operacionales, Convivencia OP-UG, Prog. dello y constr. UG	
Tarea 8	Equipos					
Tarea 9	Fuerza de trabajo					
Tarea 10	Capex					
	Mina-Proceso-Infraestructura					
Tarea 11	Opex					
	Mina-Proceso-Infraestructura					
Tarea 12	Riesgos					
Tarea 13	Evaluación					

Problemas



- 1. Inadecuada selección del método de explotación**
- 2. Bajo presupuesto para el desarrollo de estudios preliminares**
- 3. Presión para mejorar los resultados económicos en proyectos marginales**
- 4. La planificación se parcializa faltando una visión de conjunto**
5. Enfoque de desarrollo preconcebido
6. Esfuerzo de ingeniería mayor que el requerido en el nivel de estudio en desarrollo
7. Marco medioambiental limita las soluciones técnicas que son dinámicas
8. Baja calidad de antecedentes para optimizaciones y diseños
9. Modelo de recursos defectuoso
10. Impacto de los recursos inferidos al pasar de ingeniería de perfil a conceptual
11. Estándares múltiples entre agentes reportantes y múltiples normas internas entre las empresas mineras.
12. Desarrollo incompleto de proyecto, sin cubrir la totalidad de las áreas involucradas
13. No utilización de valores de benchmarking para establecer rangos posibles
14. Considerar la disciplina de geomecánica solo como apoyo

Problemas (cont.)

1. Inadecuada selección del método de explotación

- ▶ Información incompleta
- ▶ No se hace el análisis rajo-subterráneo
- ▶ Métodos cualitativos vs. cuantitativos
- ▶ No se revisa selección del método en ingenierías más avanzadas y con más información
- ▶ No se hace la segunda iteración en la planificación
- ▶ Inversiones no son consideradas

Problemas (cont.)

2. Bajo presupuesto para el desarrollo de estudios preliminares

- ▶ Cuando más se agrega valor en un proyecto es con los estudios iniciales
- ▶ La selección de la capacidad productiva a veces no se hace en función de la ley de corte y de la estrategia de ley de corte
- ▶ No se invierte en estudios de trade-off importantes
 - ▶ Selección del método de explotación
 - ▶ Capacidad vs ley de corte
 - ▶ Sistema de transporte mina planta
 - ▶ Ventilación
 - ▶ Selección de equipos
 - ▶ Optimización operaciones unitarias
 - ▶ Constructibilidad y rapidez
 - ▶ Recursos propios vs contratistas

Problemas (cont.)

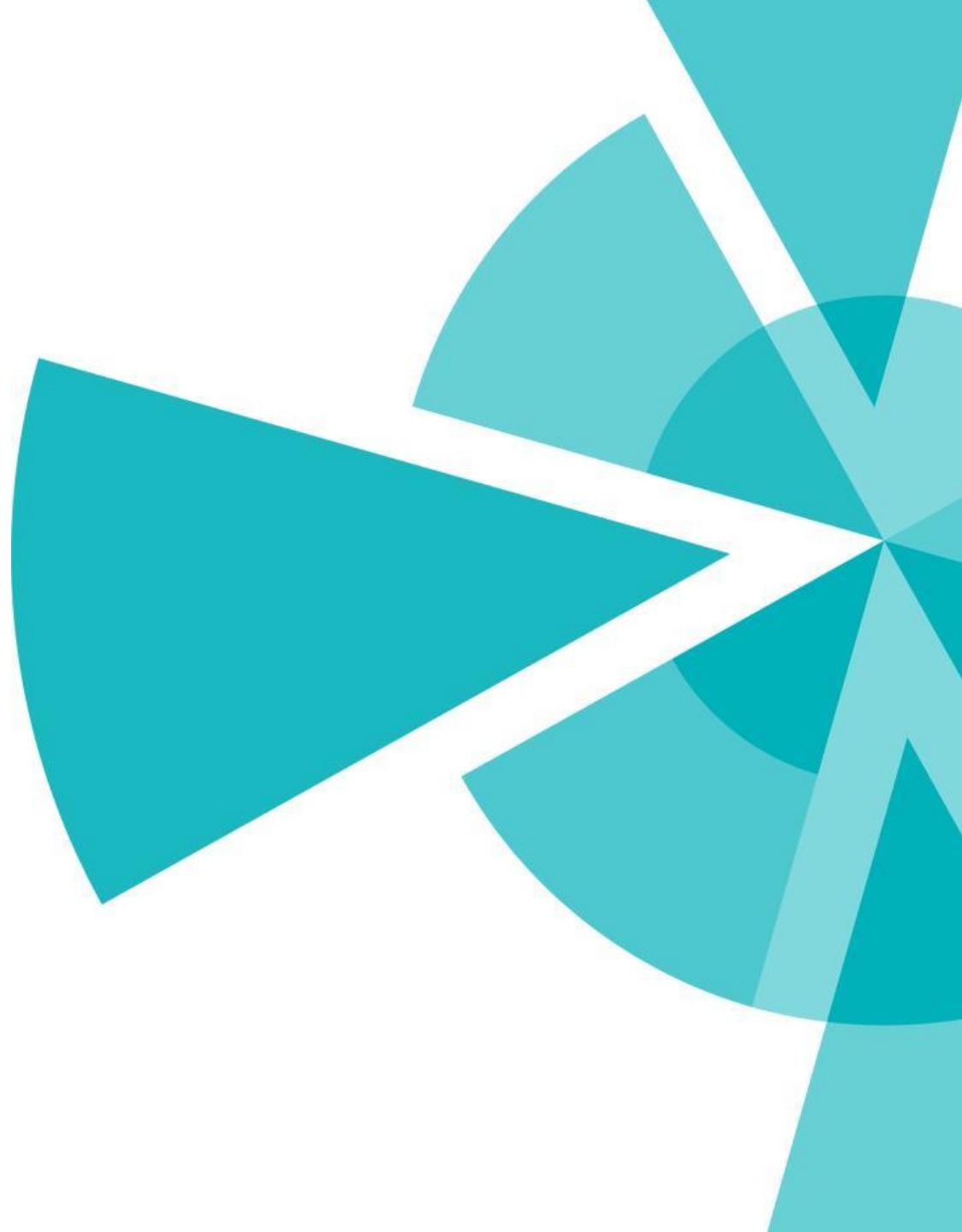
3. Presión para mejorar los resultados económicos en proyectos marginales

- ▶ Presión para optar por los valores optimistas dentro del rango para mejorar la evaluación económica
- ▶ En algunos proyectos, esta presión hace que se haga más ingeniería que la que sustenta la información disponible. El resultado es muy preciso pero no muy acertado.

Problemas (cont.)

- ### 4. La planificación se parcializa faltando una visión de conjunto
- ▶ Estudio se parcializa lo que dificulta la coordinación y el trabajo en conjunto. Cuando hay que corregir algo, una parte ya no está.
 - ▶ P. ej: una empresa responsable de la mina de rajo
 - ▶ P. ej: otra empresa responsable de la mina subterránea
 - ▶ Quién integra y quien optimiza?
 - ▶ Los parámetros de planificación para estimación de recursos cambian con el desarrollo del estudio y no se hace una segunda iteración
 - ▶ Costo de proceso
 - ▶ Recuperación metalúrgica
 - ▶ Costo de infraestructura
 - ▶ La evaluación económica va de la mano con la estimación de recursos extraíbles y reservas, pero queda en distintas manos

Oportunidades



- 1. Estrategia de leyes de corte más altas**
- 2. Interfaz cielo abierto / subterránea**
- 3. Oportunidades propias de block caving**
- 4. Incorporación de innovaciones tecnológicas**
5. Mayor presupuesto para desarrollar ingenierías iniciales
6. Mezclas y estoqueo
7. Suavizamiento y optimización de las flotas de equipos necesarios
8. Minería por contratistas
9. Enfoques alternativos de manejo de materiales
10. En proyectos subterráneos grandes, programar las actividades de excavación y de construcción en forma conjunta para acortar tiempos
11. Parámetros de planificación (tasa de actualización)
12. Maneras de acortar largos tiempos de construcción y de ramp-up en minería subterránea
13. SLC puede ser tan productivo como block caving
14. Utilizar valores de benchmarking para identificar áreas que deben revisarse

Oportunidades (cont.)

1. Estrategia de leyes de corte más altas

- ▶ Tonelaje con ley de corte marginal no paga las inversiones
- ▶ Ello supone que hay tonelaje de mayor ley que paga las inversiones
- ▶ Al partir no se sabe cuanto es la inversión
- ▶ Al terminar el ejercicio se tiene una buena idea de cuánto es la inversión
- ▶ Se puede entonces hacer una buena aproximación de la inversión por tonelada necesaria
- ▶ En una segunda iteración se puede calcular una ley de corte incluyendo el costo por tonelada de la inversión
- ▶ Incluir estrategia de leyes de corte con costo de oportunidad
- ▶ Hacer un nuevo ejercicio para calcular el VAN y la nueva capacidad productiva con la ley de corte más alta.

Oportunidades (cont.)

2. Interfaz cielo abierto / subterránea

- ▶ Hay yacimientos que son sólo rajo ó sólo subterráneos
- ▶ Hay otros yacimientos cuya explotación es combinada, y deben ser planificados como tales
- ▶ Si sólo se planifican como rajo ó sólo como subterráneos, se pierde beneficio
- ▶ Encontrar piso óptimo de rajo y techo óptimo de subterránea
- ▶ La capacidad de planta por rajo probablemente sea mayor que por subterránea. Hay un compromiso si no hay otras fuentes externas
- ▶ ¿Cuánto tiempo pueden convivir la explotación de rajo y subterránea? (básicamente subsidencia e interferencias)
- ▶ El acceso por el rajo puede acortar el acceso de la mina subterránea
- ▶ ¿Cuánto tiempo antes del término del rajo debe empezar la construcción de la subterránea?
- ▶ ¿Cuánto tiempo antes del inicio de la subterránea debe iniciarse la obtención de la información básica para la planificación subterránea?
- ▶ Estrategia para la transición rajo-subterránea
 - ▶ Cómo se resuelve la baja de producción de la transición (¿estoqueo?)
 - ▶ Reubicación de personal

Oportunidades (cont.)

3. Oportunidades propias de block caving

- ▶ Columnas altas
- ▶ Pre-acondicionamiento
- ▶ Diseño tipo Teniente
- ▶ RGO (variante utilizando rock breaker – grizzly – ore pass)
- ▶ Estrategia global (especialmente con más de un nivel)
- ▶ Capacidad productiva de block caving
- ▶ Preparación con recursos propios
- ▶ Block caving puede ser selectivo con doble sistema de manejo de materiales.

Oportunidades (cont.)

4. Incorporación de innovaciones tecnológicas

- ▶ En minería somos conservadores. Se aplica muy bien el dicho:
“Seamos los primeros en ser los segundos”
- ▶ Las innovaciones en minería son demorasas y caras
- ▶ Debiera haber incentivos para innovar
- ▶ Las innovaciones exitosas pagan bien
- ▶ Como considerar la innovación en planificación minera?
 - ▶ Hay que estar atento a las tendencias tecnológicas
 - ▶ Incluir un vector de decremento de costos por mejoramiento continuo
 - ▶ Incorporar los mejoramiento cuánticos en los nuevos proyectos

4. Incorporación de innovaciones tecnológicas (cont.)

- ▶ Mejoramiento cuántico en block caving de los últimos 30 años
 - ▶ Adaptación del block caving a roca dura
 - ▶ Diseño Tipo Teniente
 - ▶ Incremento de altura de bloques
 - ▶ Incremento de capacidad productiva
 - ▶ Enfrentamiento al fenómeno del rockbursting
 - ▶ Pre-acondicionamiento del macizo rocoso.

Oportunidades (cont.)

4. Incorporación de innovaciones tecnológicas (cont.)

- ▶ Mejoramiento cuántico en block caving de los últimos 30 años (cont.)
 - ▶ **Incorporación de equipos LHD, LHD semiautomáticos, e incremento del tamaño de estos equipos**
 - ▶ Incorporación de martillos picadores telecomandados, semimóviles trasladados por grúas horquillas y mejoramiento de su potencia y movimiento
 - ▶ Incorporación de dispatch y uso de tag para control de extracción
 - ▶ **Control centralizado de ventiladores**
 - ▶ Salas de control centralizadas
 - ▶ Ventilación por sub niveles y regulación por ventiladores auxiliares
 - ▶ **Mejoramiento de calidad del aire**
 - ▶ Transporte intermedio de mineral por trenes
 - ▶ Mejoramiento de buzones y de carros de transporte de ferrocarriles para mineral grueso
 - ▶ Mejoramiento de parrillas
 - ▶ Transporte intermedio de mineral por camiones y por correas
 - ▶ **Chancado primario interior mina**
 - ▶ Eliminación de nivel de transporte intermedio y vaciado de LHD directo a chancadores

Oportunidades (cont.)

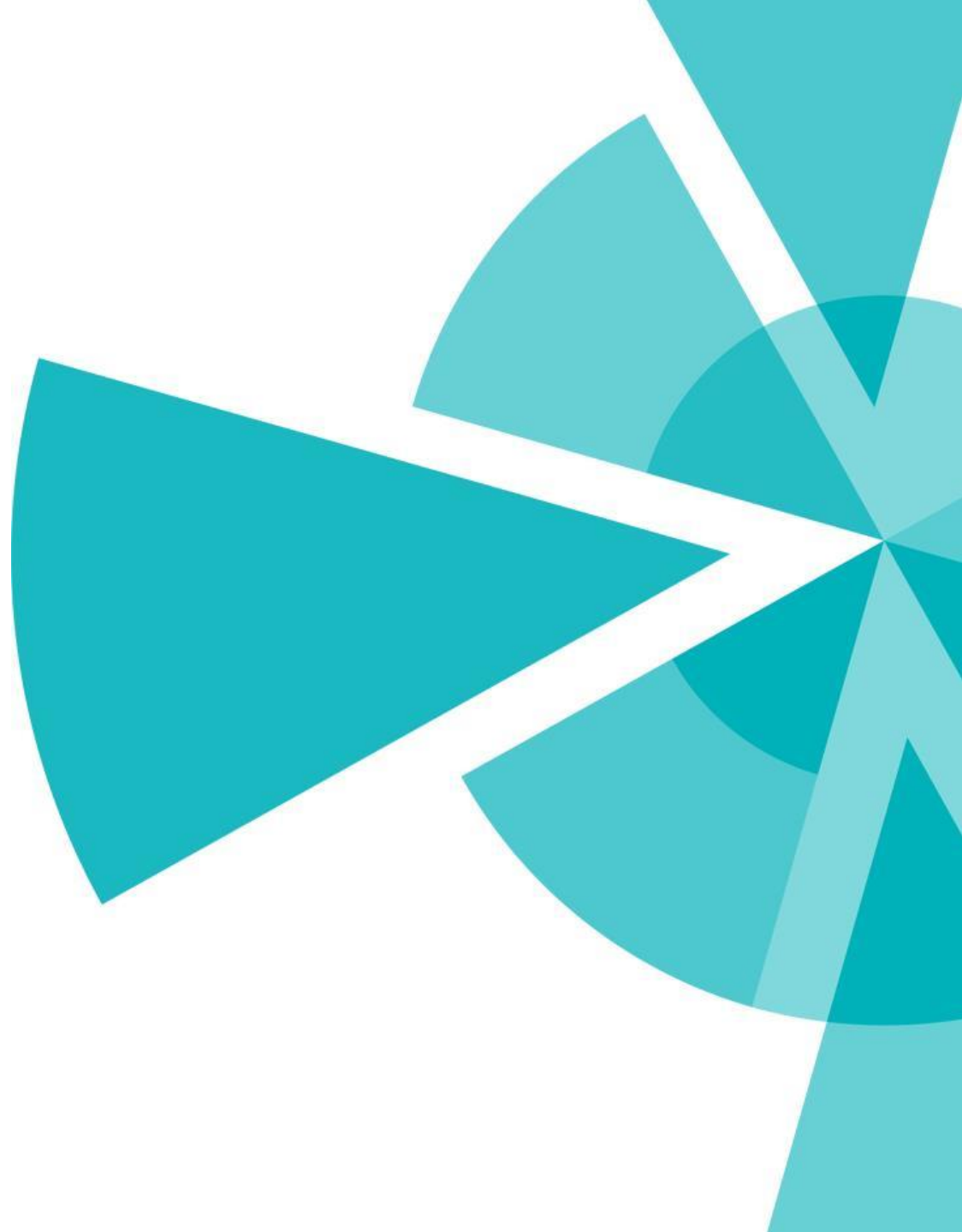
4. Incorporación de innovaciones tecnológicas (cont.)

- ▶ Mejoramiento cuántico en block caving de los últimos 30 años (cont.)
 - ▶ Utilización de subnivel de ventilación para recuperación de colapsos
 - ▶ **Mejoramiento de sistemas de comunicaciones (voz, datos, TV, control), sistemas de información y en seguridad**
 - ▶ Traslado de personal en buses a los sectores productivos
 - ▶ Optimización económica de la planificación
 - ▶ **Calles pavimentadas**
 - ▶ Buen drenaje de nivel de producción (pendientes y tiros de drenaje a sub nivel de ventilación extracción)
 - ▶ Reducción secundaria en puntos de extracción y en puntos de vaciado
 - ▶ Fortificación de viseras y de desarrollos
 - ▶ **Uso de prefabricados**
 - ▶ Reparación de puntos de extracción
 - ▶ Acortamiento de piques de traspaso.

4. Incorporación de innovaciones tecnológicas (cont.)

- ▶ Tendencias de mejoramiento
 - ▶ Minería selectiva
 - ▶ Desarrollos mineros con TBM
 - ▶ Desarrollos mineros con Rapid Tunnelling
 - ▶ Perforación con plasma
 - ▶ Ventilación inicial con aire comprimido para ahorro de tiempo
 - ▶ Incorporación de equipos LHD a batería

Conclusiones



Conclusiones

La planificación minera es compleja. Presenta problemas y también ofrece oportunidades para poder sacar el mayor provecho en la explotación de un yacimiento

Se enumeraron varios problemas frecuentes entre los que destacan:

- ▶ Mala selección del método de explotación
- ▶ No se gasta lo suficiente en los estudios preliminares
- ▶ Presión para mejorar los resultados económicos en proyectos marginales
- ▶ Encargos parcializados

Se enumeraron varias oportunidades entre las que destacan:

- ▶ Estrategia de leyes de corte más altas
- ▶ Interfaz cielo abierto / subterránea
- ▶ Oportunidades propias del block caving
- ▶ Incorporación de innovaciones tecnológicas

Gracias!

