

Evaluación de Riesgo y Valorización de Coberturas Operacionales en Programas de Producción Mineros

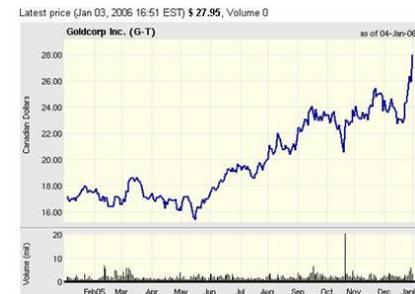
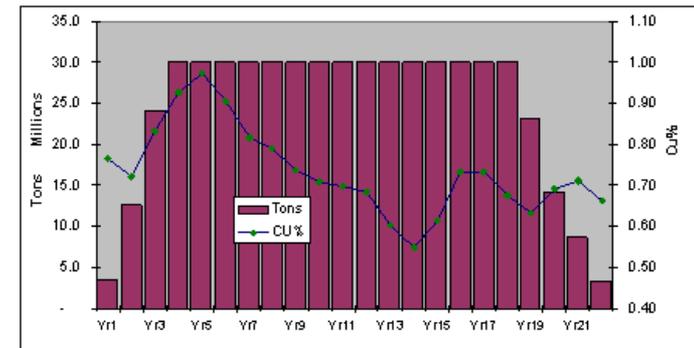
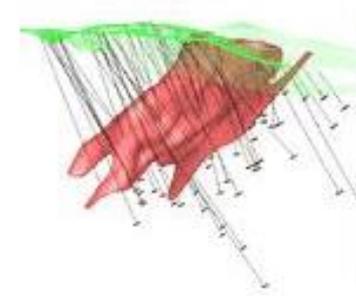


*Evaluación de Riesgo y Valorización de Coberturas
Operacionales en Programas de Producción Mineros*

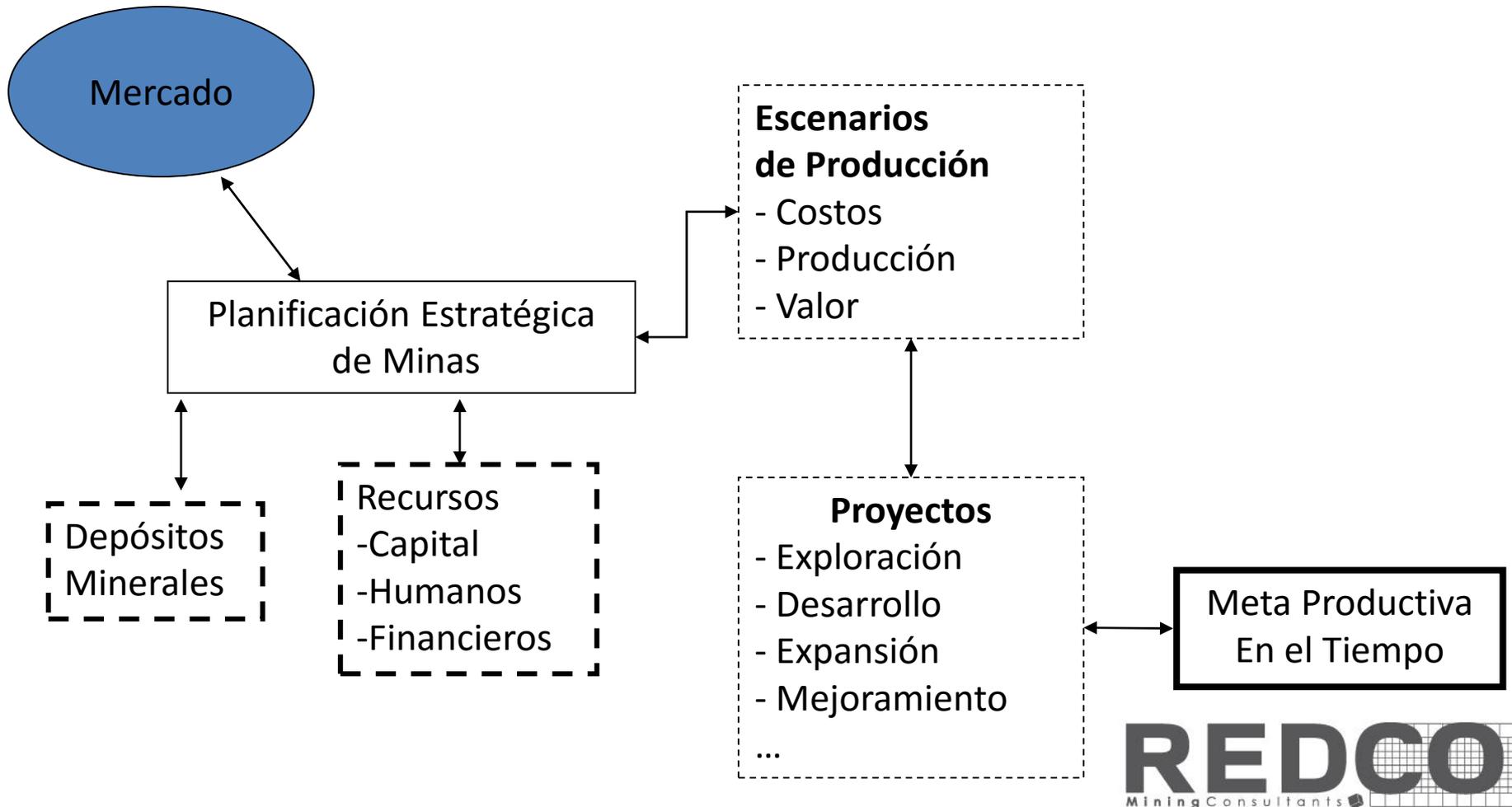
Taller
“ Planificación Estrategica de Minas”
Comisión Calificadora de Reservas y Recursos

Planificación Minera

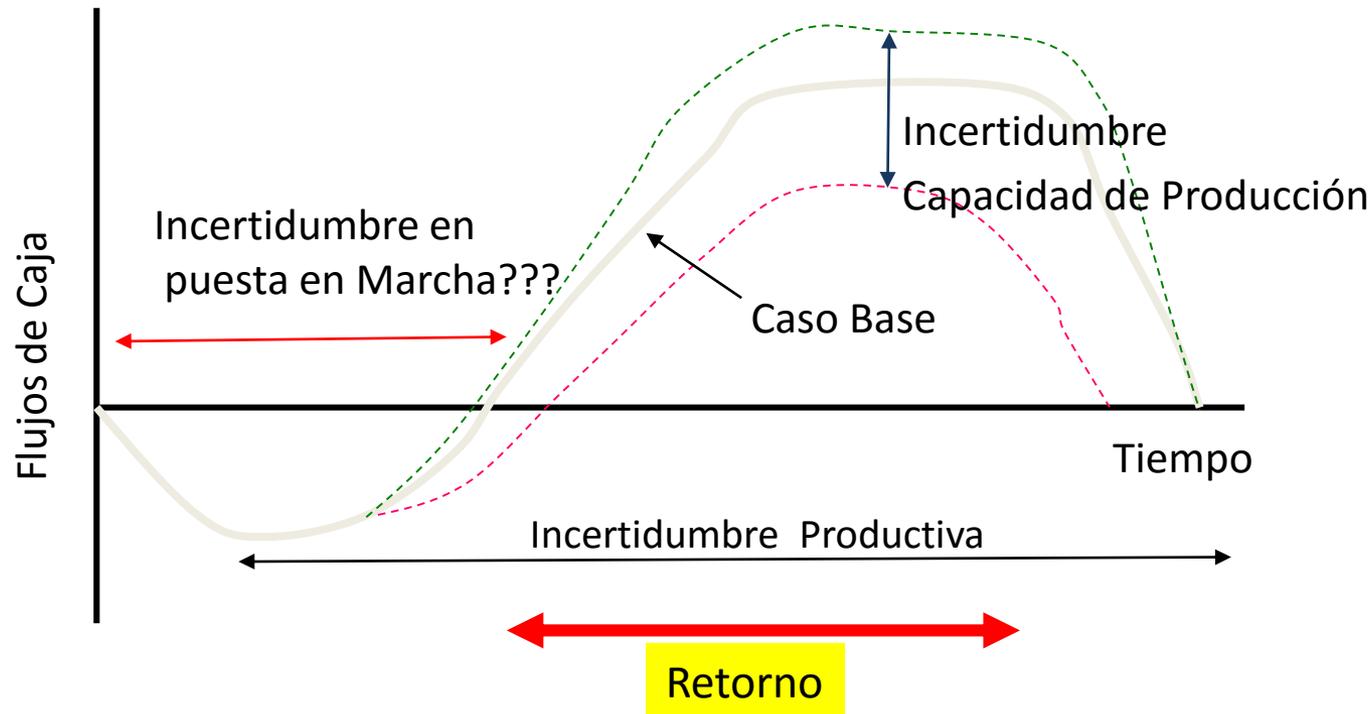
- Proceso de Ingeniería de Minas que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo
- **Define una promesa productiva- Negocio**
- Es un documento bancable



La Planificación Estratégica de Minas



El objetivo de esta presentación!!



Para mejorar el comportamiento de **costos** es fundamental **gestionar la variabilidad** y **reducir el riesgo productivo**

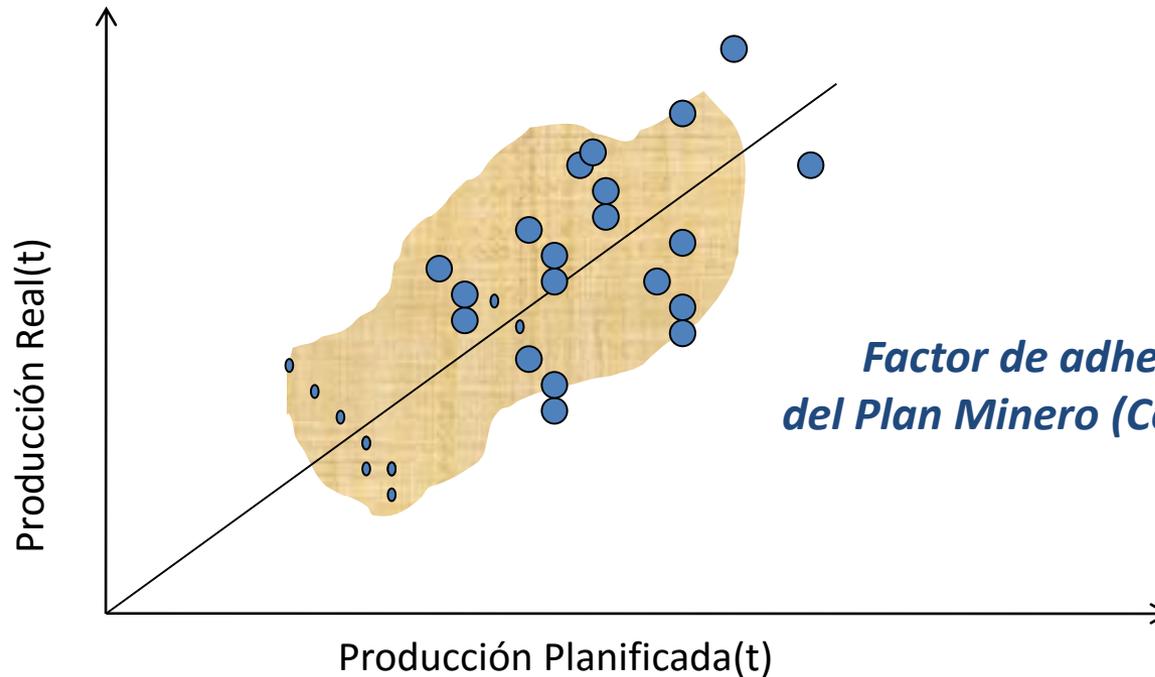
Eventos Operacionales que Transfieren Riesgo a la Producción de la Mina



- ❑ **Colapso** de puntos de extracción
- ❑ **Hundibilidad y propagación** del caving
- ❑ Operación con **ocurrencia de barro**
- ❑ **Fragmentación** variable en el punto de extracción
- ❑ **Estabilidad** geomecánica de taudes
- ❑ **Continuidad operacional** de operaciones unitarias



Desviaciones operacionales



Desviaciones

Vida de la mina

Reservas mineras

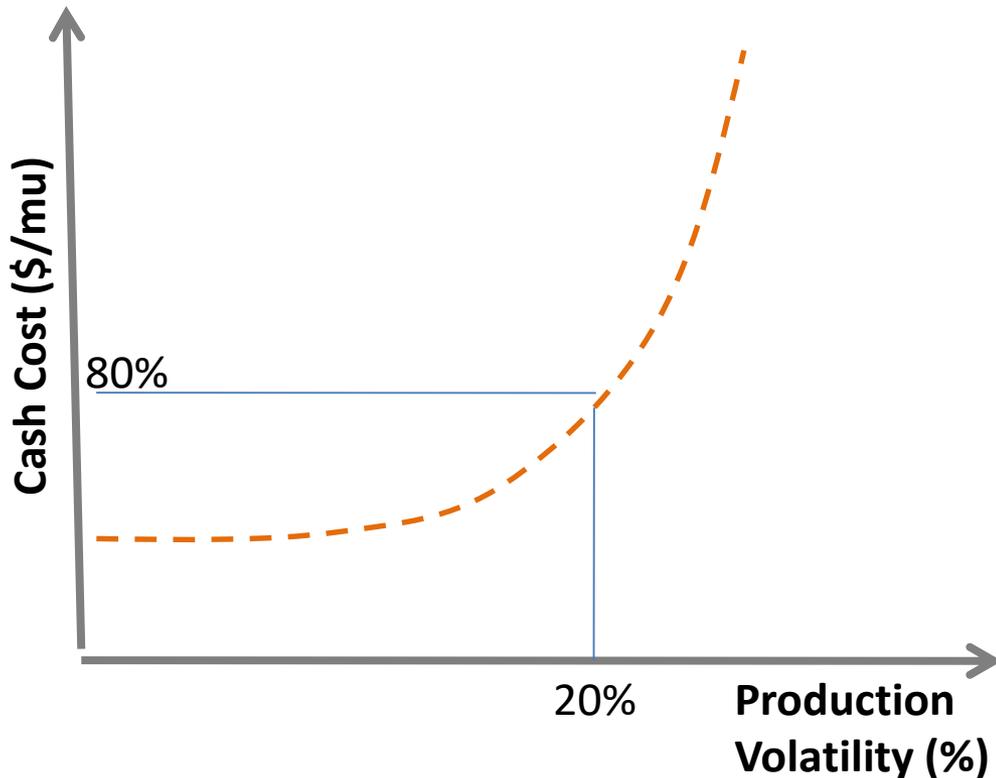
Costo de operación

*Factor de adherencia
del Plan Minero (Compliance)*

Fuentes de incertidumbre

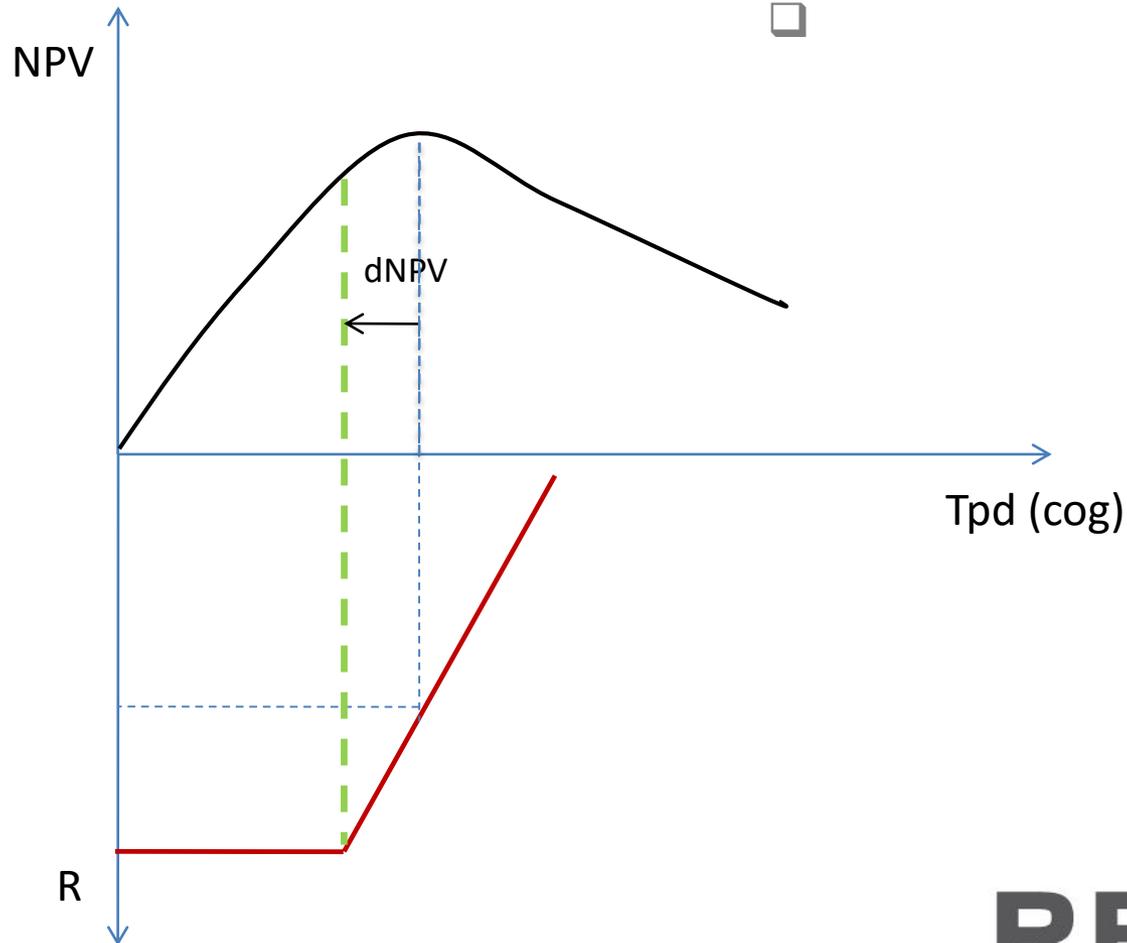
- Mercado: precios, costos de materias primas e insumos, oferta y demanda de recursos críticos
- Distribuciones de leyes y continuidad del yacimiento
- Supuesto de continuidad espacial del yacimiento en sistemas de planificación minera
- Variabilidad de los sistemas de manejo de materiales
- Falta de integración de Diseño Minero<>Sistema de Manejo de Materiales<>Filosofía Operacional<>Programa de producción
- Variabilidad de comportamiento geomecánico en el sistema minero

Altas desviaciones operacionales =>Altos costos de operación

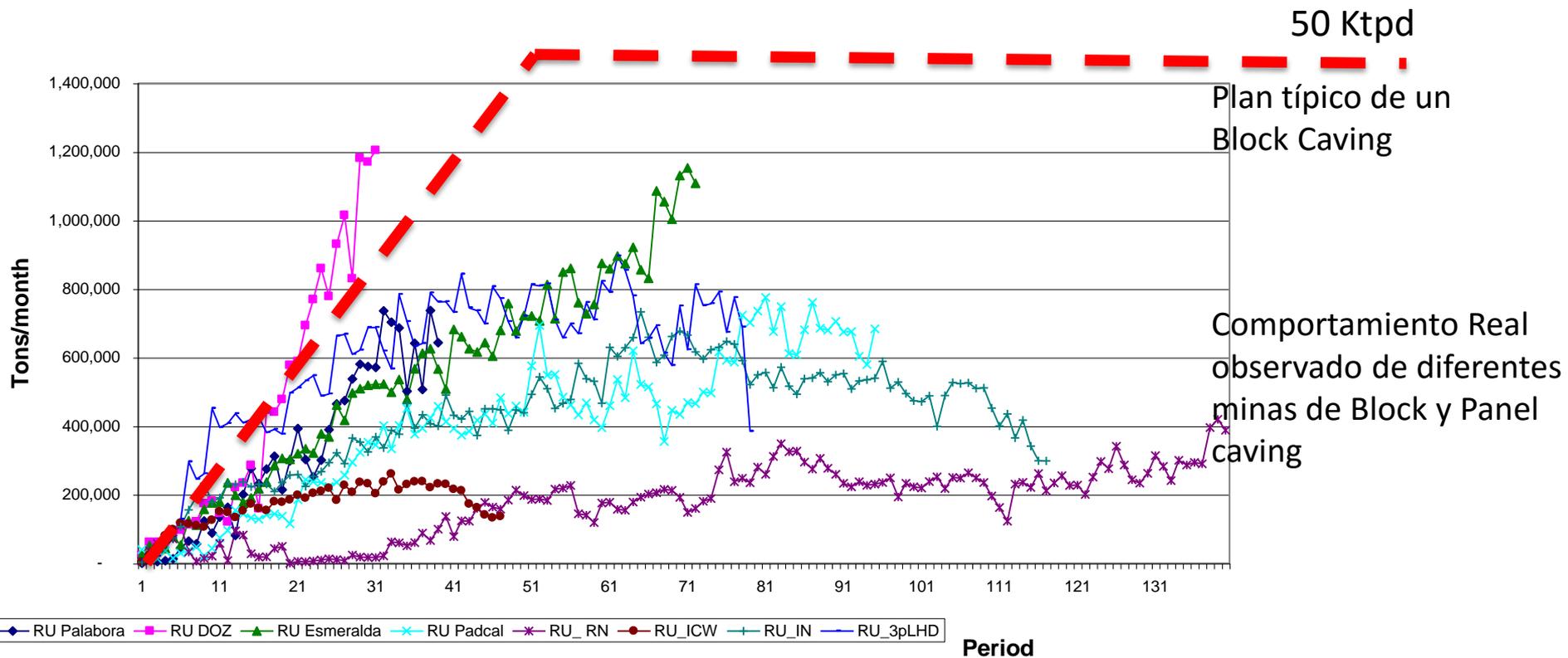


- Baja **confiabilidad** del sistema minero
- Baja **utilización** del sistema minero
- Baja **productividad** producto de cuellos de botella
- Diseños y operaciones unitarias **no planificadas de alto costo**

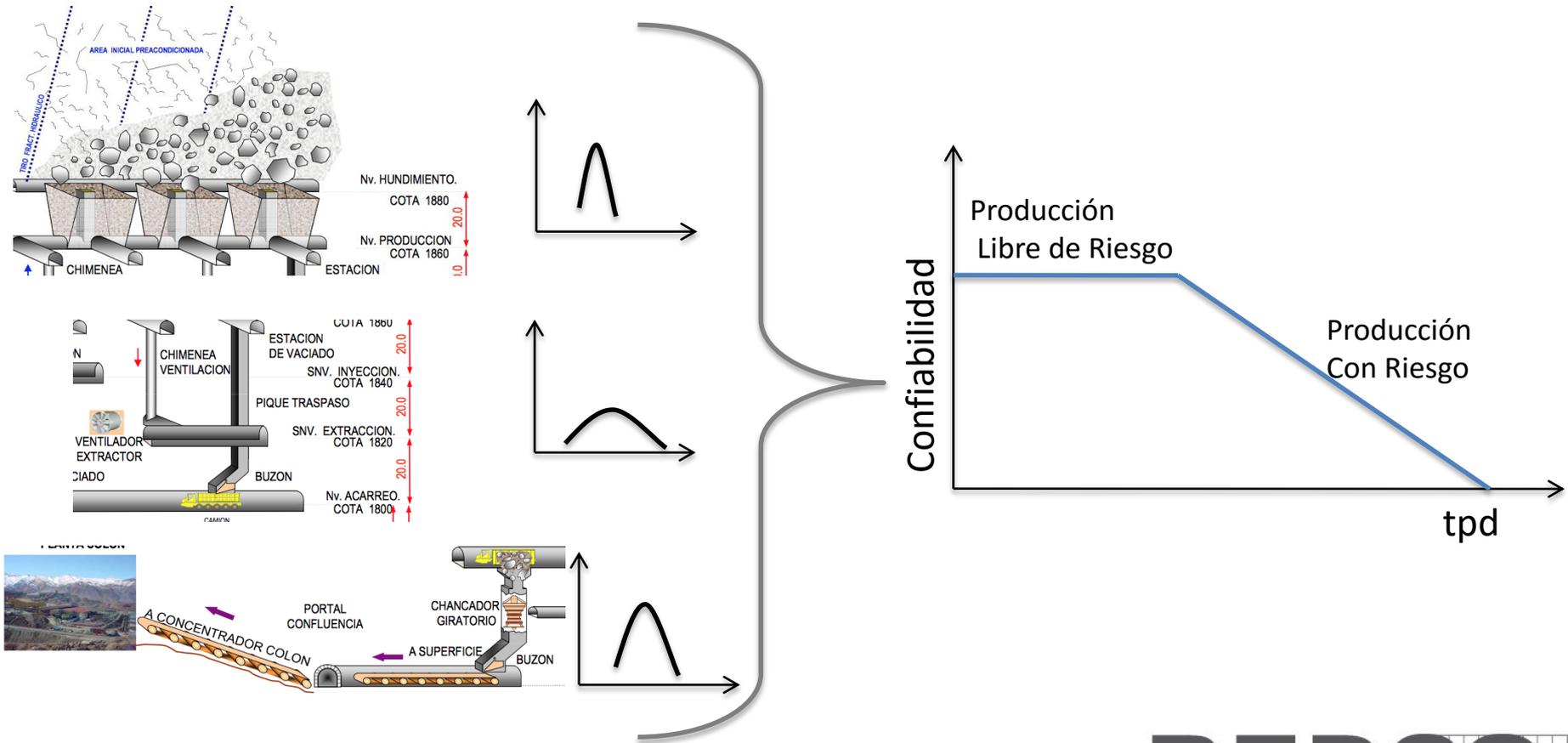
Metodología Tradicional para Cálculo de Capacidad de Producción



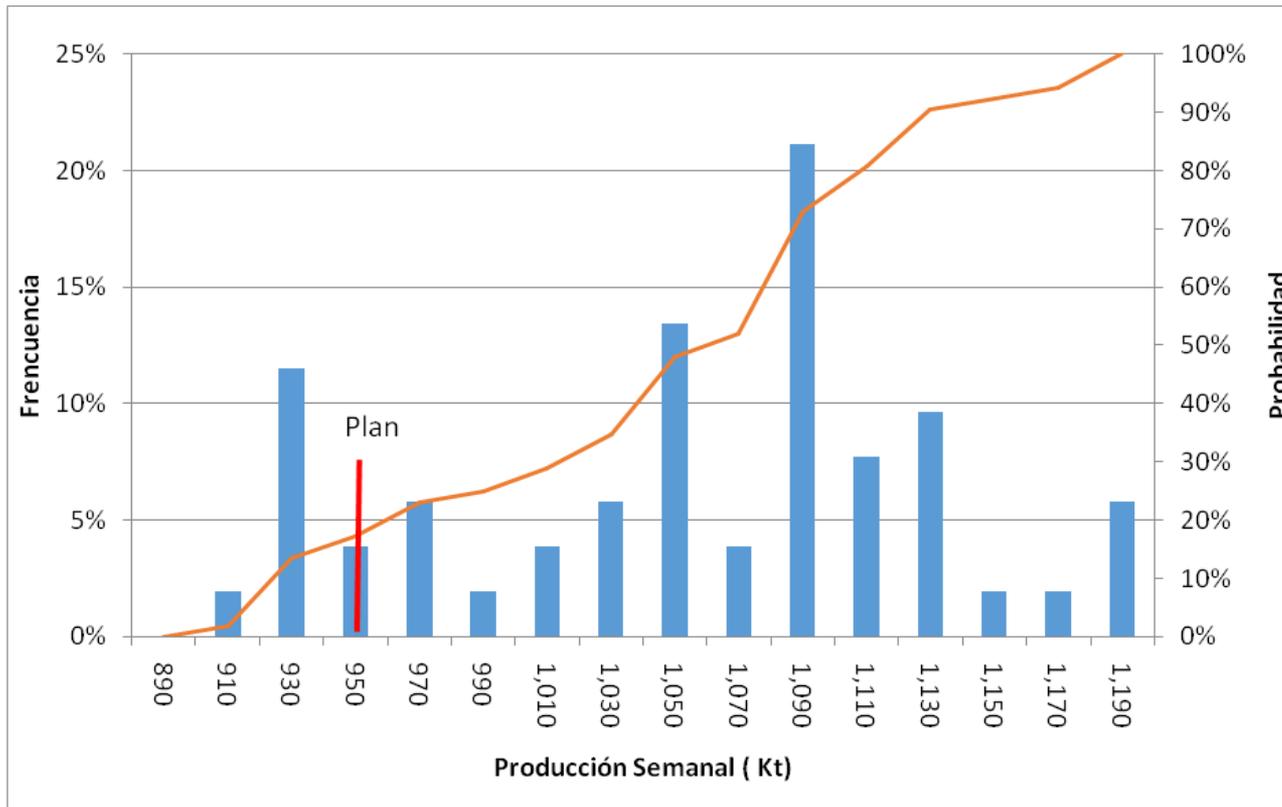
Comparación de Típico plan de Block Caving y Minas en Operación



Integración Sistémica del Diseño y Plan Minero

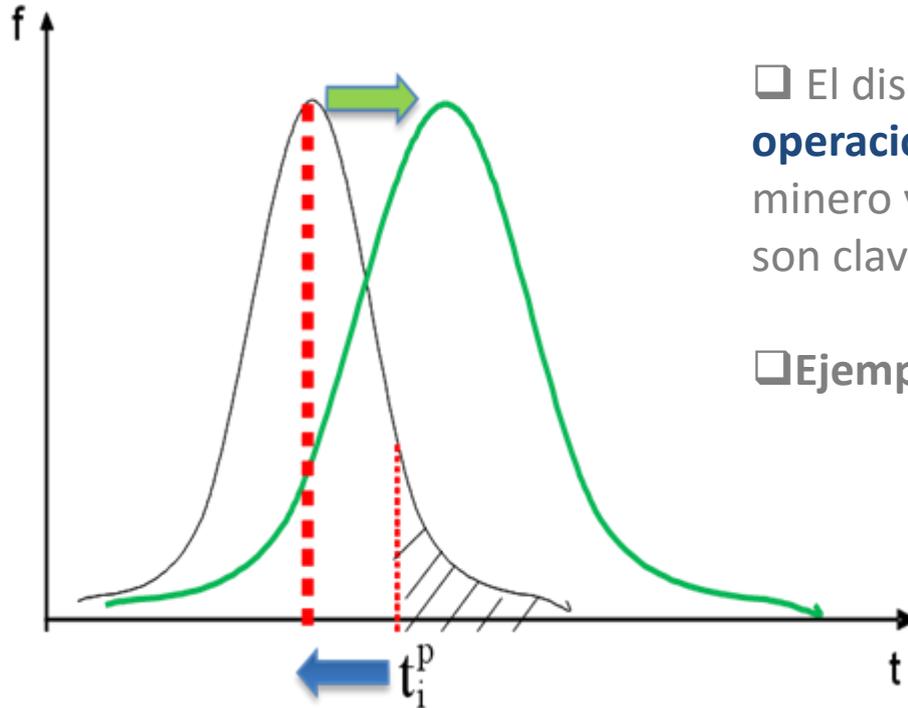


Incertidumbre del Plan Incorporando el Sistema de Manejo de Materiales



- Eventos operacionales en el sistema minero
- Fallas no planificadas en equipos y el sistema de manejo de materiales
- Ineficiencia productiva en los procesos de recuperación al caso base

Adición de coberturas operacionales para apalancamiento del valor del negocio



□ El diseño y uso de **coberturas operacionales** en el diseño del sistema minero y en la planificación de la mina son claves para **optimizar el negocio**.

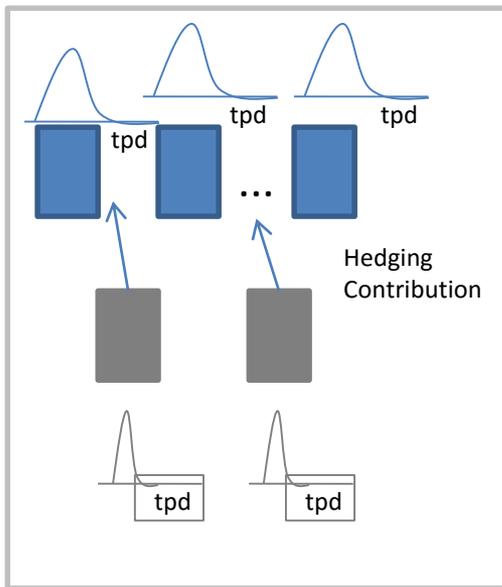
□ Ejemplos

- Sectores de contingencia
- Adición de infraestructura de transporte
- Stocks
- Mayor número de sectores preparados
- Aumento de material quebrado en la frente
- Sobre carguío

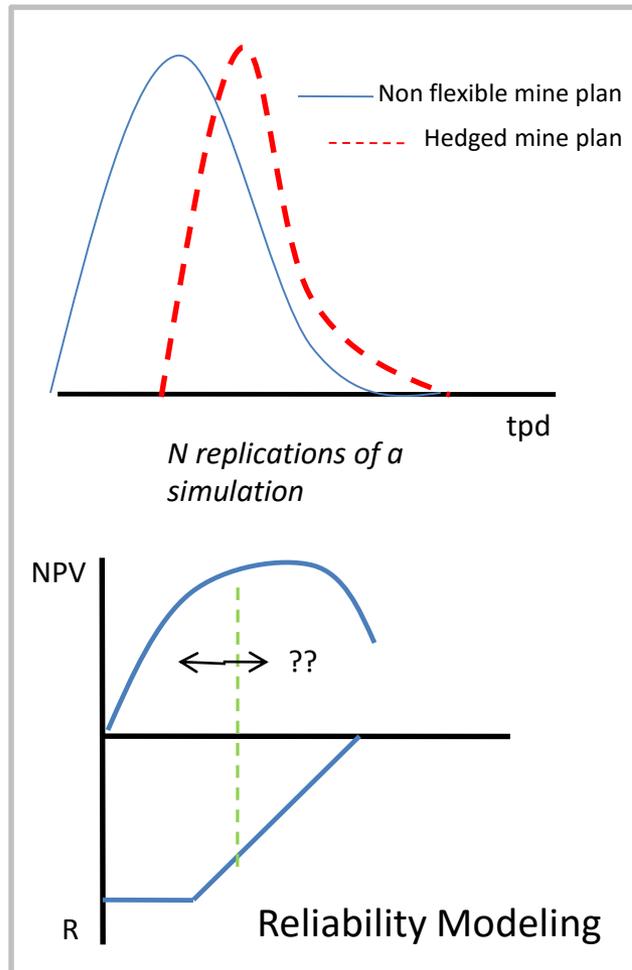


Productividad

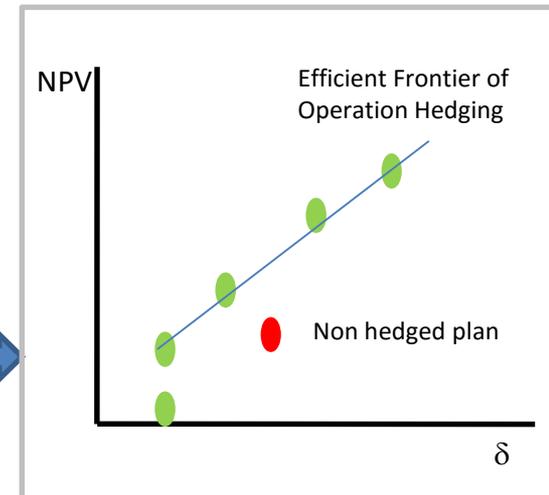
Optimización de las coberturas operacionales en sistemas mineros complejos



Mining System Simulation



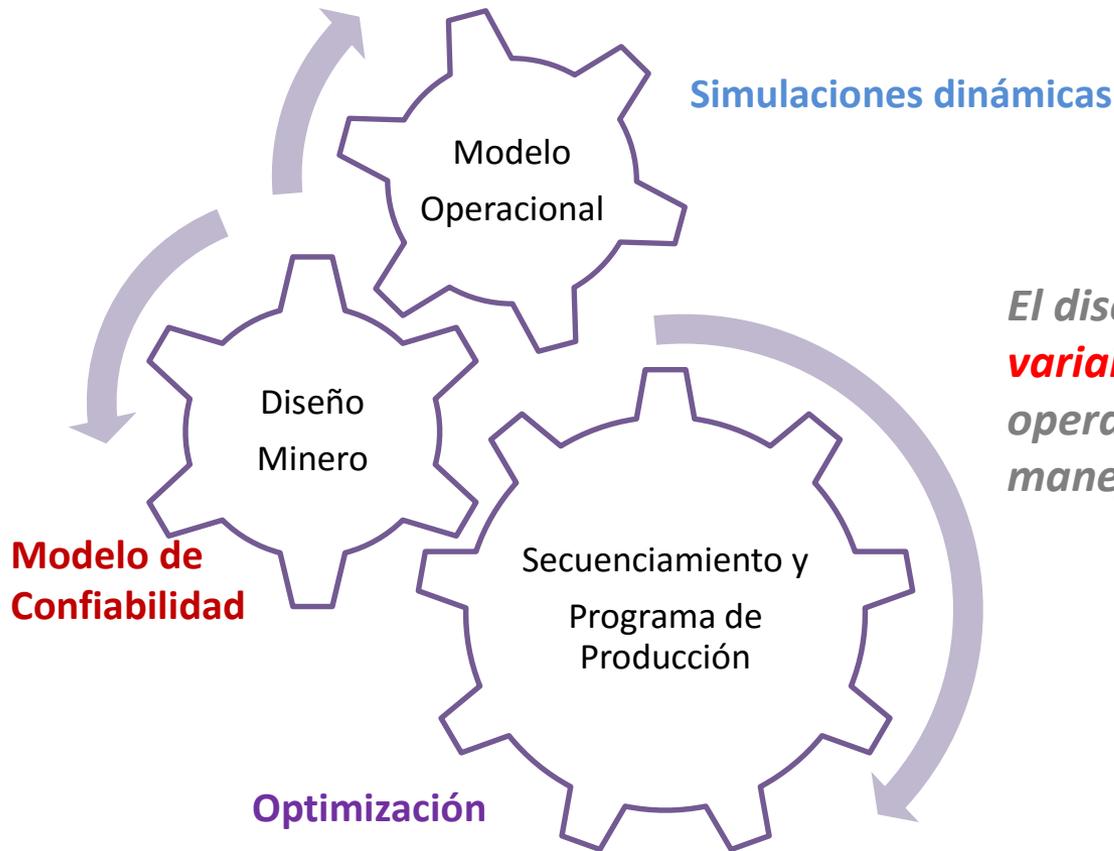
Portfolio Optimization



❑ Optimal hedging is designed to be on the efficient frontier curve

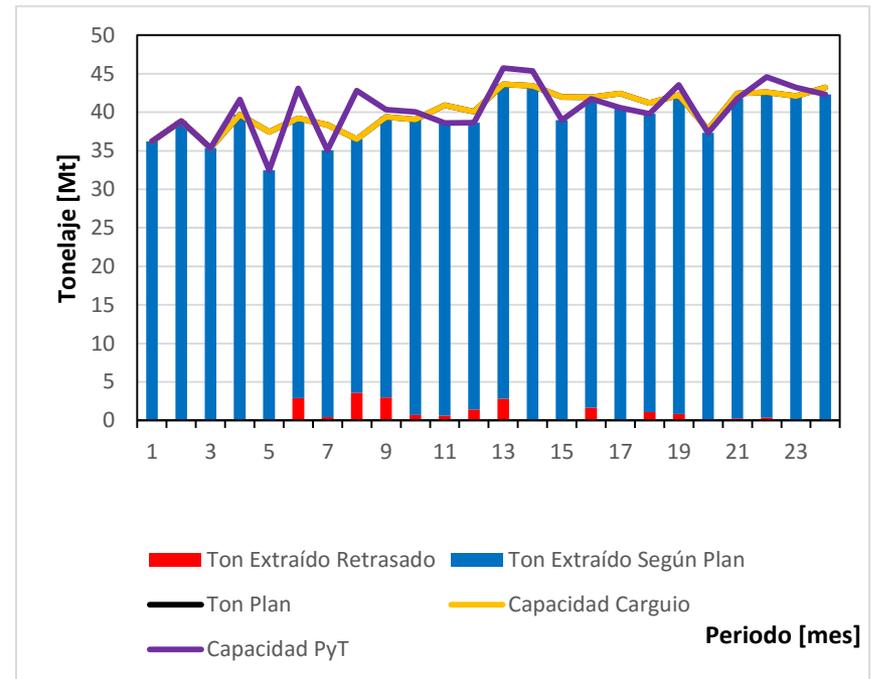
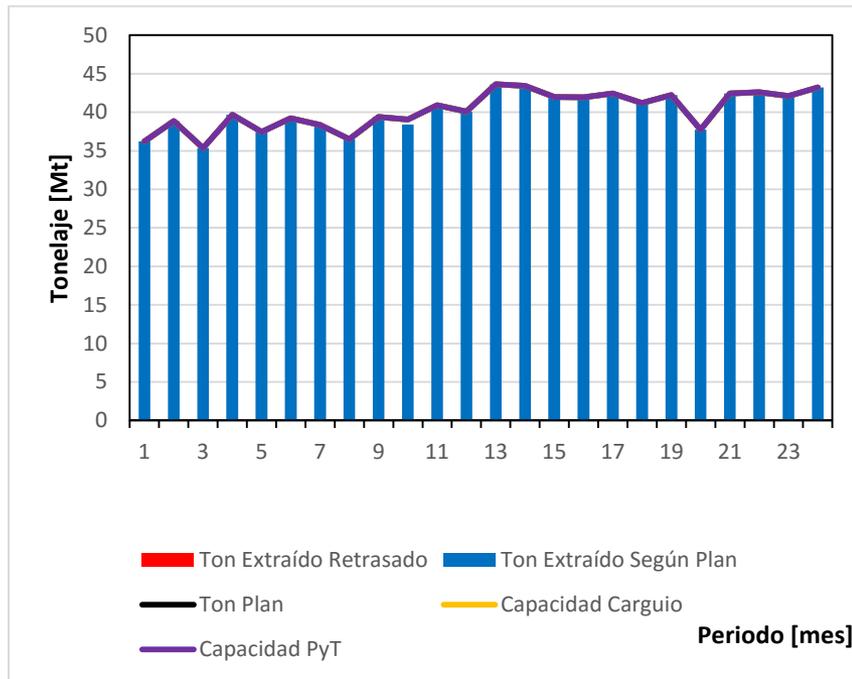
❑ 100% Reliability may not be the optimal hedging

Metodología Sistémica e Integrada de REDCO



*El diseño minero debe integrar la **variabilidad operacional** de las operaciones unitarias y del sistema de manejo de materiales.*

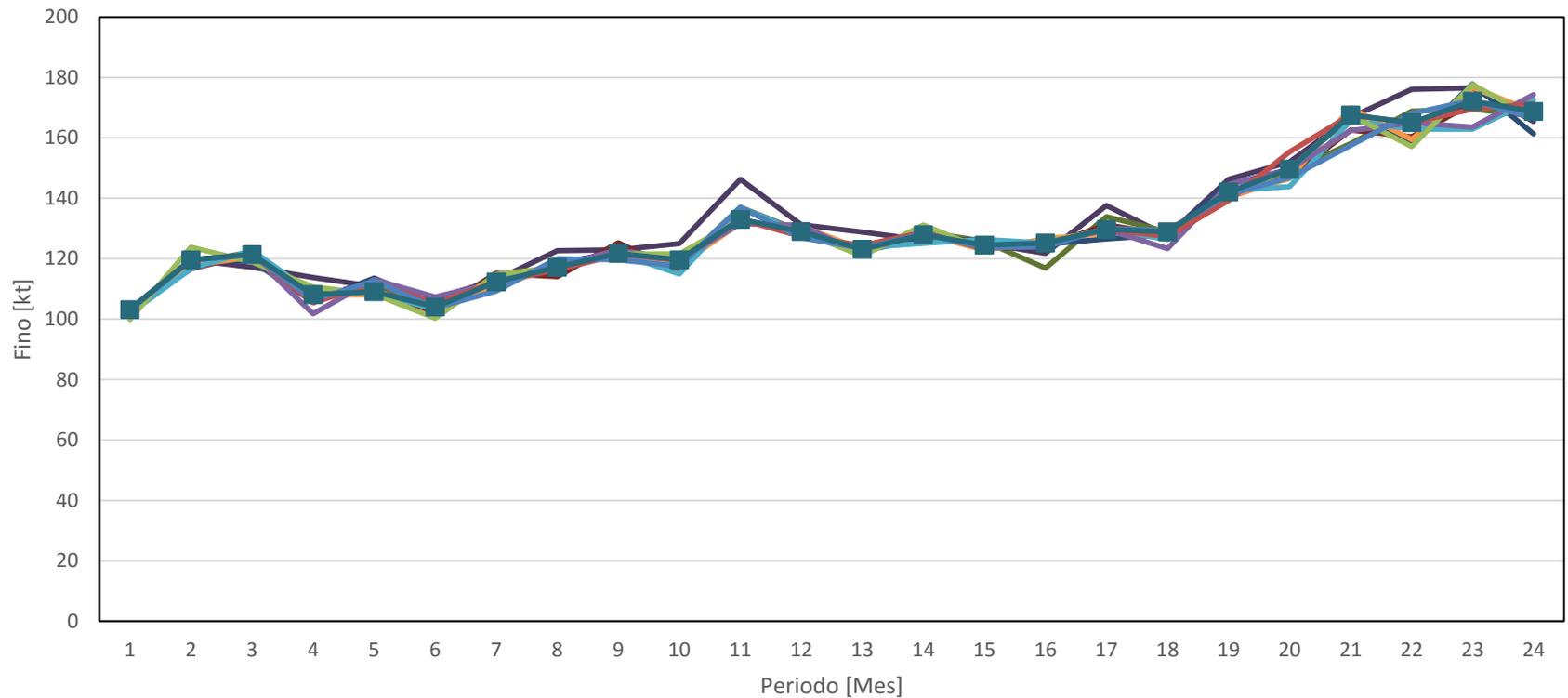
Simulación del programa de producción



Replicaciones del programa de producción



Variabilidad en la producción de cobre fino



Simulación 1

Simulación 2

Simulación 3

Simulación 4

Simulación 5

Simulación 6

Simulación 7

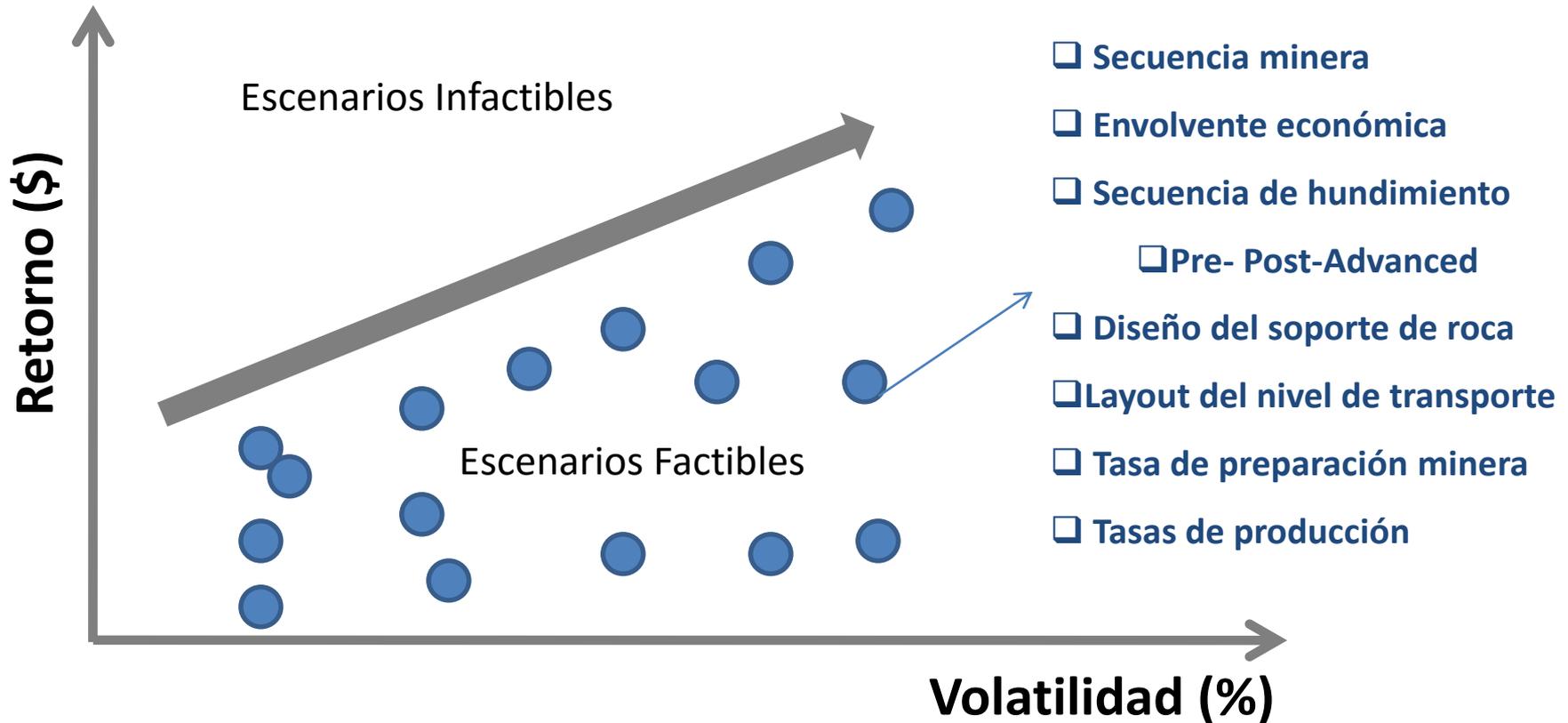
Simulación 8

Simulación 9

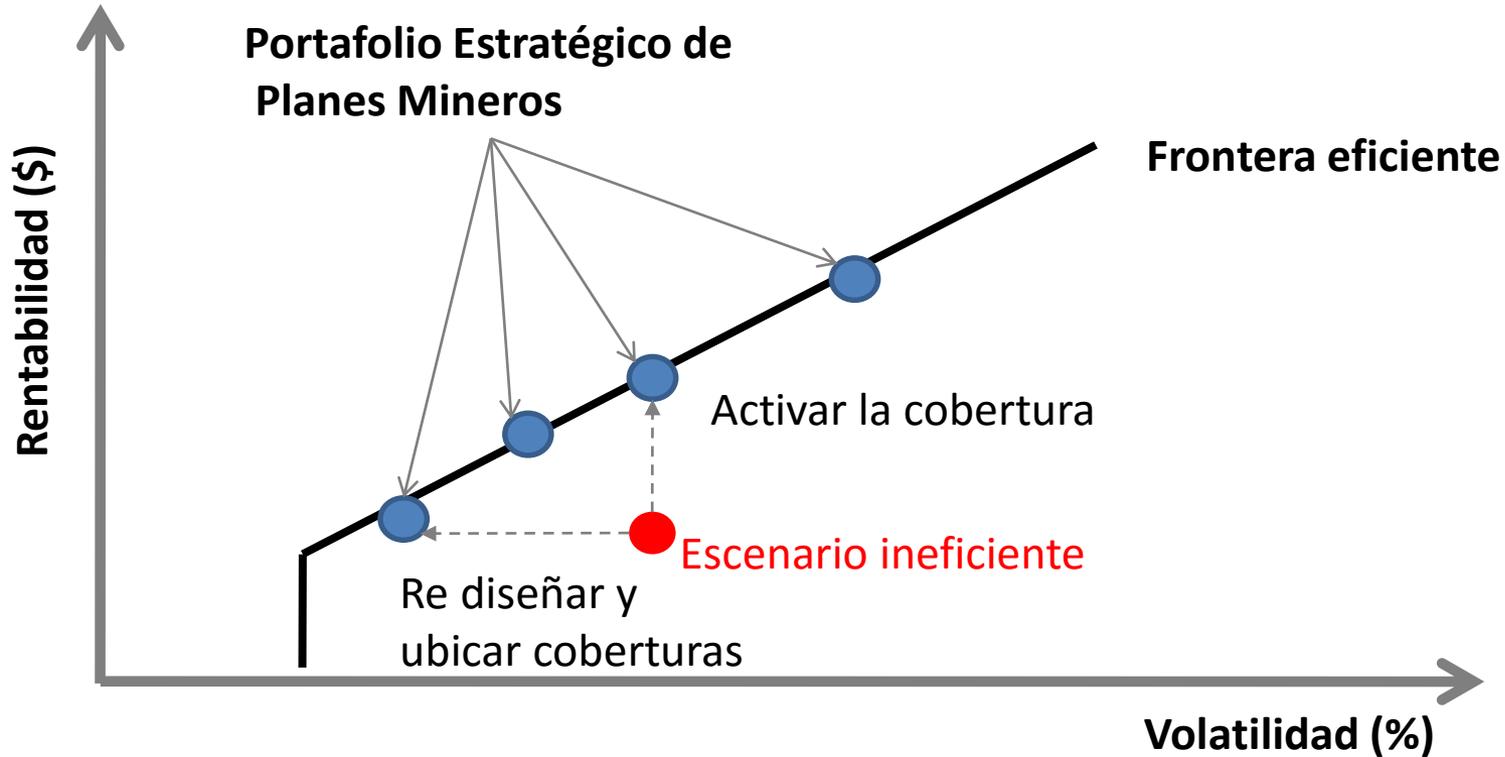
Simulación 10

Fino Planificado (Mill, OL, SL) [t]

Topología Riesgo- Retorno de Planificación y Diseño Minero

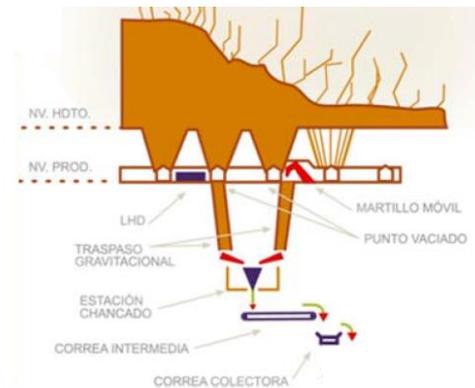
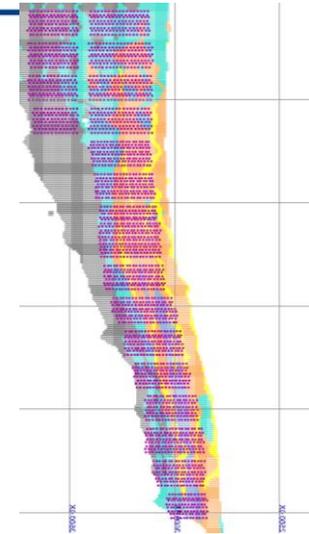
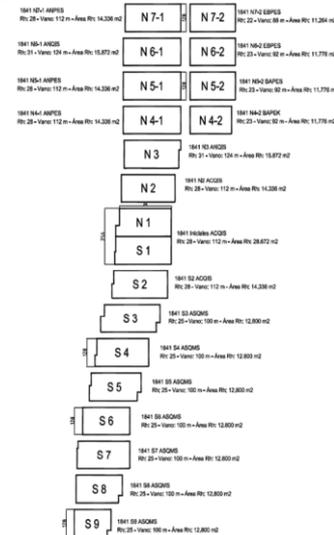


Mapa Estratégico del Proceso de Panificación Minera



Proyecto Mina Subterránea de Chuquicamata

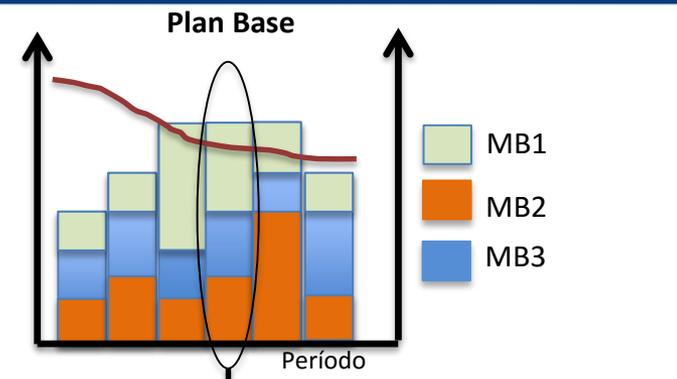
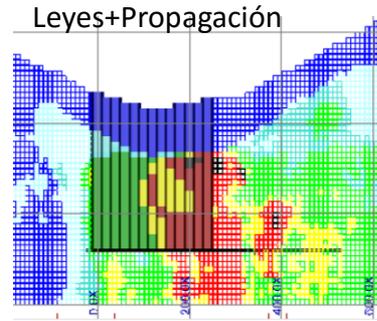
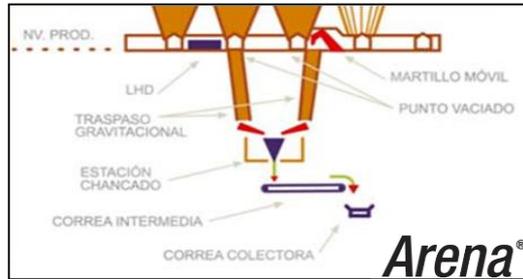
- ❑ Una mina subterránea bajo el pit más grande del mundo- 140 Ktpd
- ❑ Estabilidad de pared oeste depende de la propagación del caving
- ❑ Altos niveles de variabilidad en fragmentación en el layout
- ❑ Se podría esperar dilución temprana de puntos de extracción



Metodología- Esquema General

Integración Factores Riesgo en Simulador Producción

Simulación de producción



Prep. Minera & Desarrollo



a5m12

N7-1	0	0	N7-2
N6-1	0	0	N6-2
N5-1	0	1	N5-2
N4-1	1	1	N4-2
N3	1		
N2	1		
N1	2		
S1	2		
S2	1		
S3	1		
S4	1		
S5	0		
S6	0		
S7	0		
S8	0		
S9	0		

0: no abierto
1: Activo
2: Cerrado

$$A = A1 + Ai + \dots + An$$

$$B = B1 + Bi + \dots + Bn$$

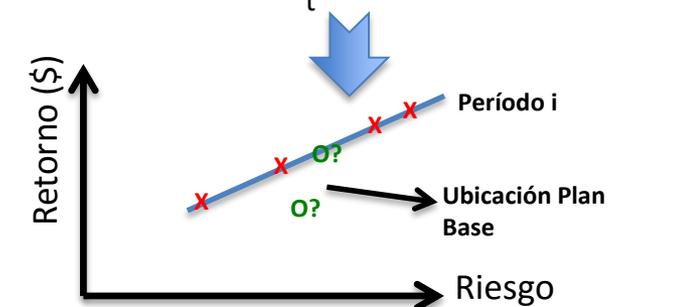
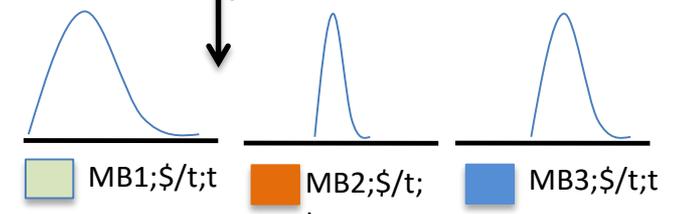
$$\dots$$

$$M = M1 + Mi + \dots + Mn$$

$$\dots$$

$$Z = Z1 + Zi + \dots + Zn$$

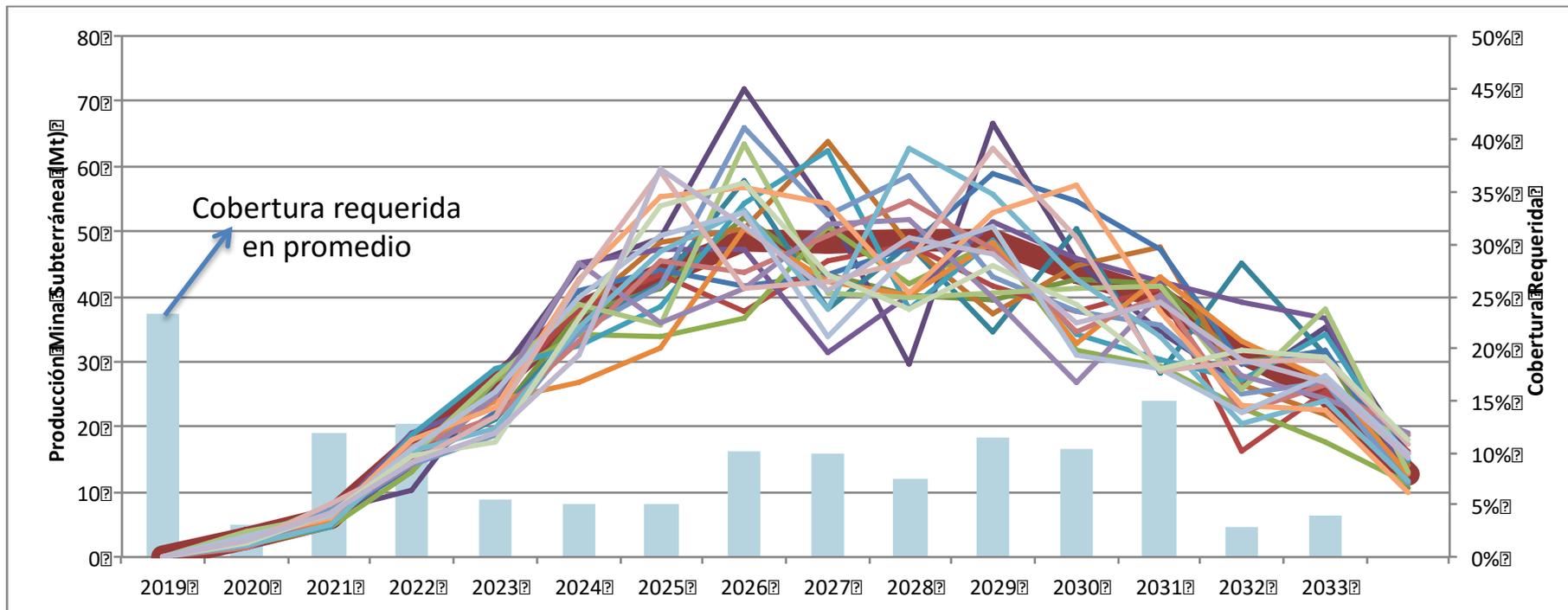
Planes



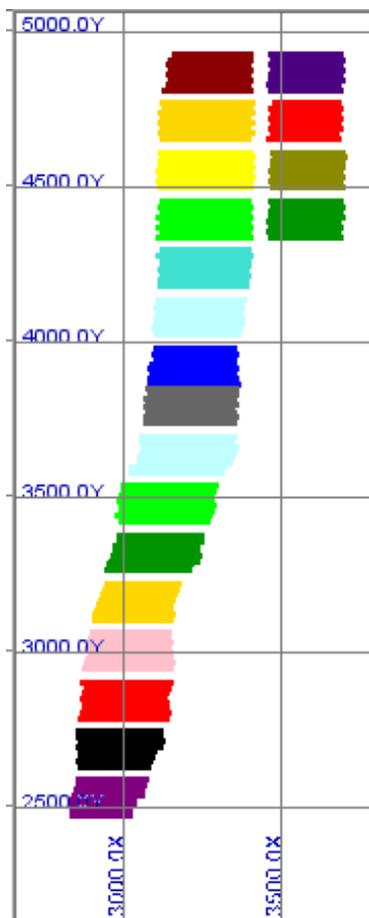
Incertidumbre Operacional en el Programa de Producción

- Área Nueva: Plan $\pm 15\%$
- Área Activa: Plan $\pm 10\%$
- Velocidad Régimen: Plan $\pm 15\%$
- Velocidad Quiebre: Plan $\pm 15\%$

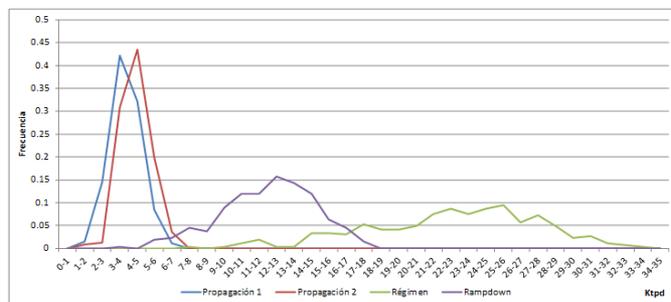
Suma de las coberturas requeridas en el plan nivel 1 es 41Mt



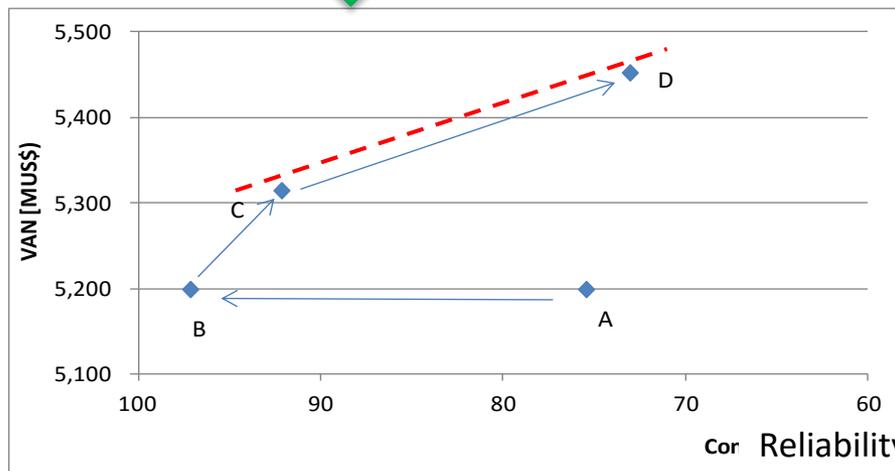
Ejemplo 1. Evaluación de diferentes sistemas mineros



Simulación

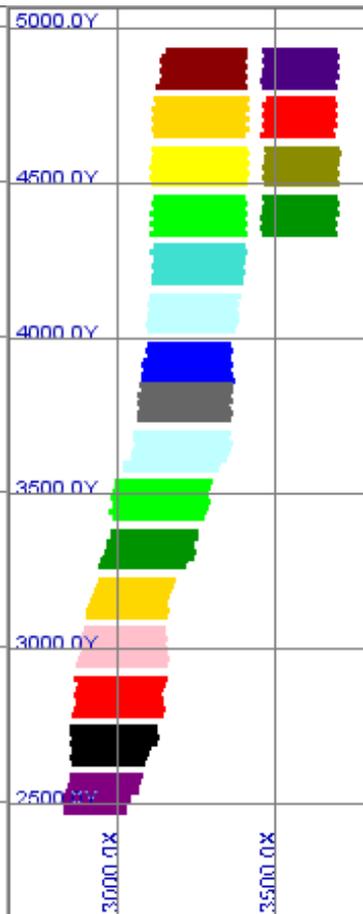


Optimización



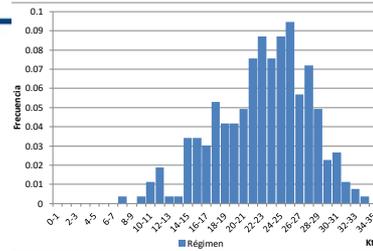
- A. Operación manual
- B. Operación autónoma
- C. and D. Programas de producción más agresivos

Ejemplo 2. Evauación de secuencias alternativas

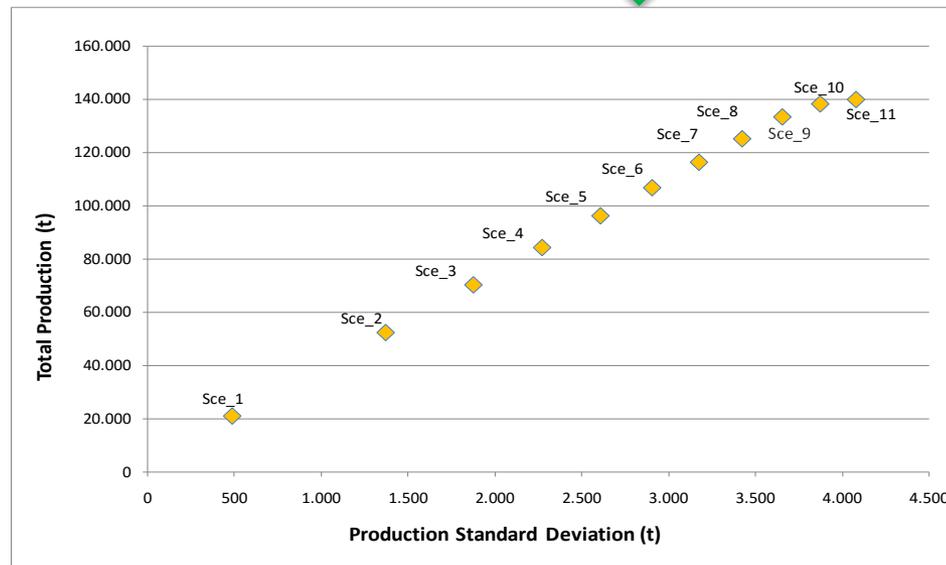


- MB
- N1-1
 - N2-1
 - N3-1
 - N4-1
 - N4-2
 - N5-1
 - N5-2
 - N6-1
 - N6-2
 - N7-1
 - N7-2
 - S1-1
 - S2-1
 - S3-1
 - S4-1
 - S5-1
 - S6-1
 - S7-1
 - S8-1
 - S9-1

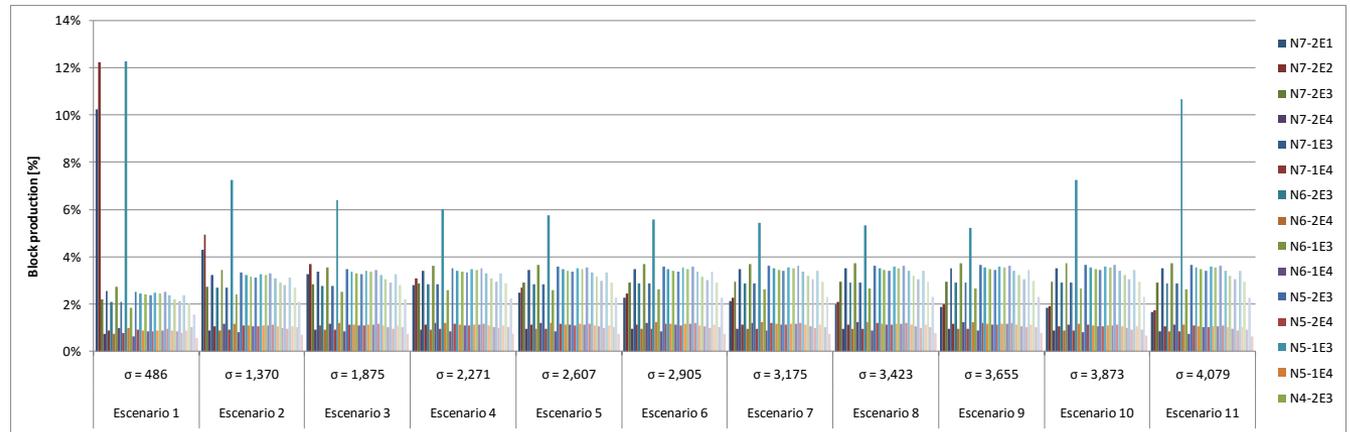
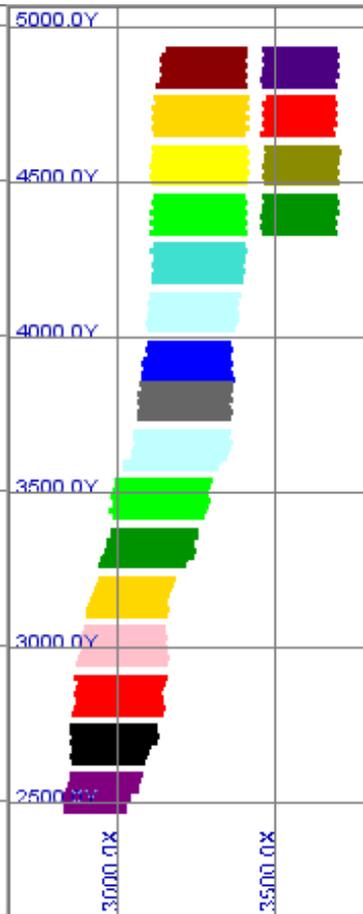
Simulación



Optimización



Ejemplo 2. Evaluación de secuencias alternativas para diferentes producciones por Bloque



La diferencia con la aproximación tradicional es que con la metodología flexible de diseño y planificación minera se entrega un portafolio que muestra a tomadores de decisión un rango de riesgo- retorno sobre cual actuar.

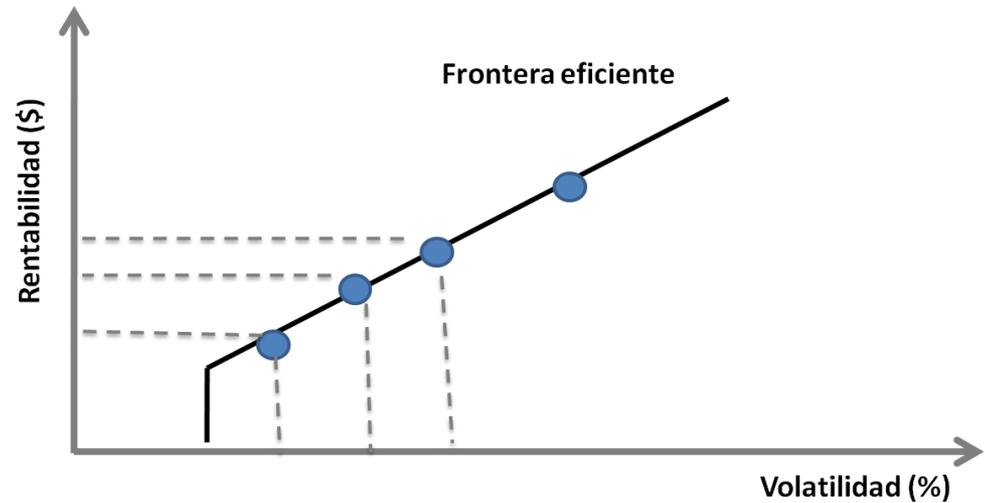
Observaciones en el proceso inversional

Metodología actual (determinística)

- Altas tasas de producción
- Rápidos ramp ups
- Altas inversiones en CapEx

Metodología Propuesta (Flexible)

- Establecimiento de la operación subterránea
- Escalamiento en módulos de producción al ramp up
- Inversiones en CapEx acotadas y modulares de acuerdo al riesgo y retorno del incremento
- Medianos costos de operación.



Crecimiento Modular en Producción

Aplicaciones

Chuqui Subte Codelco Chile

 Riesgo de 15% a 5% LHD Autónomo

NNM El Teniente (LHD Auton) – Codelco Chile

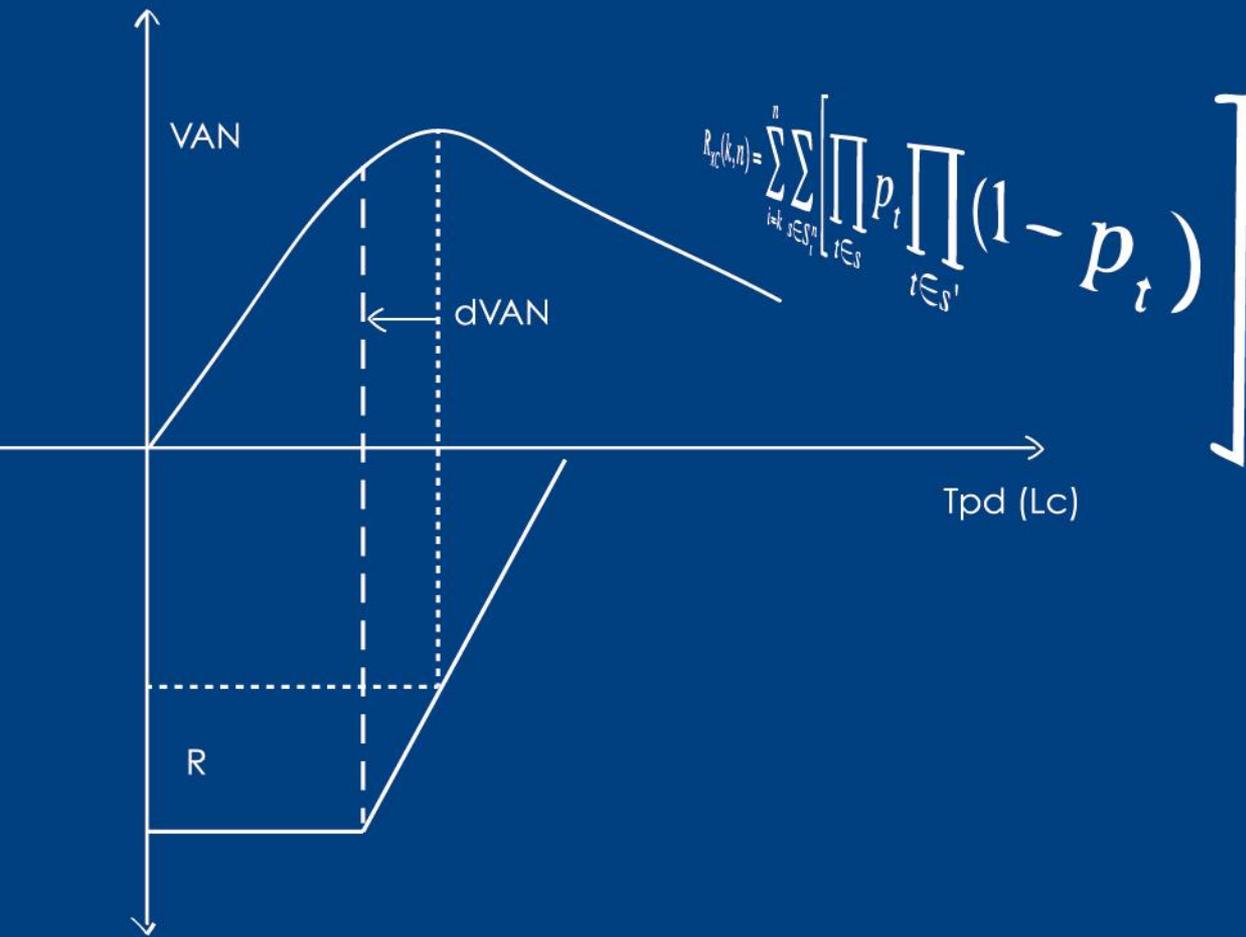
 Productividad 5000 (tpd/calle) Filosofía Operacional Autónoma

MEL- Escondida

 Riesgo de 10% a 3% Re asignación dinámica de chancadores y flotas de transporte

Conclusiones

- ❑ La **confiabilidad** del programa de producción influye en el comportamiento del **costo de operación**
- ❑ La confiabilidad del programa de producción depende de la **información**, del **conocimiento** del sistema minero y de la integración **coherente** de sus partes
- ❑ Existe una distribución de costos en el sistema minero, una **mayor producción no implica menores costos de operación**
- ❑ El crecimiento en **producción modular** es más coherente a la variación intrínseca del sistema minero subterráneo



REDCO
Mining Consultants

8 de Noviembre de 2013