

Laboratorio de Planificación Delphos

Nelson Morales



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ingeniería de Minas

amtc

ADVANCED MINING TECHNOLOGY CENTER



Sobre este Taller

- El Taller de **Planificación Delphos 2015** es una instancia que abre el laboratorio, en un evento único y “masivo” hacia la industria
- Tiene los siguientes objetivos
 - **Mostrar los desarrollos** del laboratorio a la industria
 - Recibir los comentarios y **feedback**, para alinear apropiadamente la actividad del grupo
 - Ser una instancia de **intercambio** de ideas en temas de planificación minera



fcfm

Ingeniería de Minas

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

amtc

ADVANCED MINING TECHNOLOGY CENTER



Sobre este Taller

Primera Parte - Investigación

- Ya hemos visto el contexto del laboratorio DELPHOS dentro de la Facultad y del AMTC.
- A continuación veremos:
 - El laboratorio
 - Los **temas** de **investigación**

Segunda Parte - Desarrollos

- **DOPPLER** – Herramienta de planificación a cielo abierto
- **UDESS** – Herramienta agendadora de propósito general
- **DSIM** – Herramienta de simulación de sistema de manejo de materiales
- **MINEROC (y otros)** – Herramienta de diseño subterráneo.

Laboratorio de Planificación Delphos



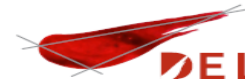
fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ingeniería de Minas

amtc

ADVANCED MINING TECHNOLOGY CENTER



DELPHOS
laboratorio de planificación minera

Delphos

Es ...

- Un laboratorio de I+D+i en planificación minera
- Parte del Departamento de Ingeniería de Minas
- Asociado al Advanced Mining Technology Center

Hace...

- Investigación sobre nuevos métodos, algoritmos, modelos y técnicas en planificación minera
- Herramientas transferibles a la industria
- Formación de capital humano

Equipo (a noviembre 2015)

Investigadores (10)

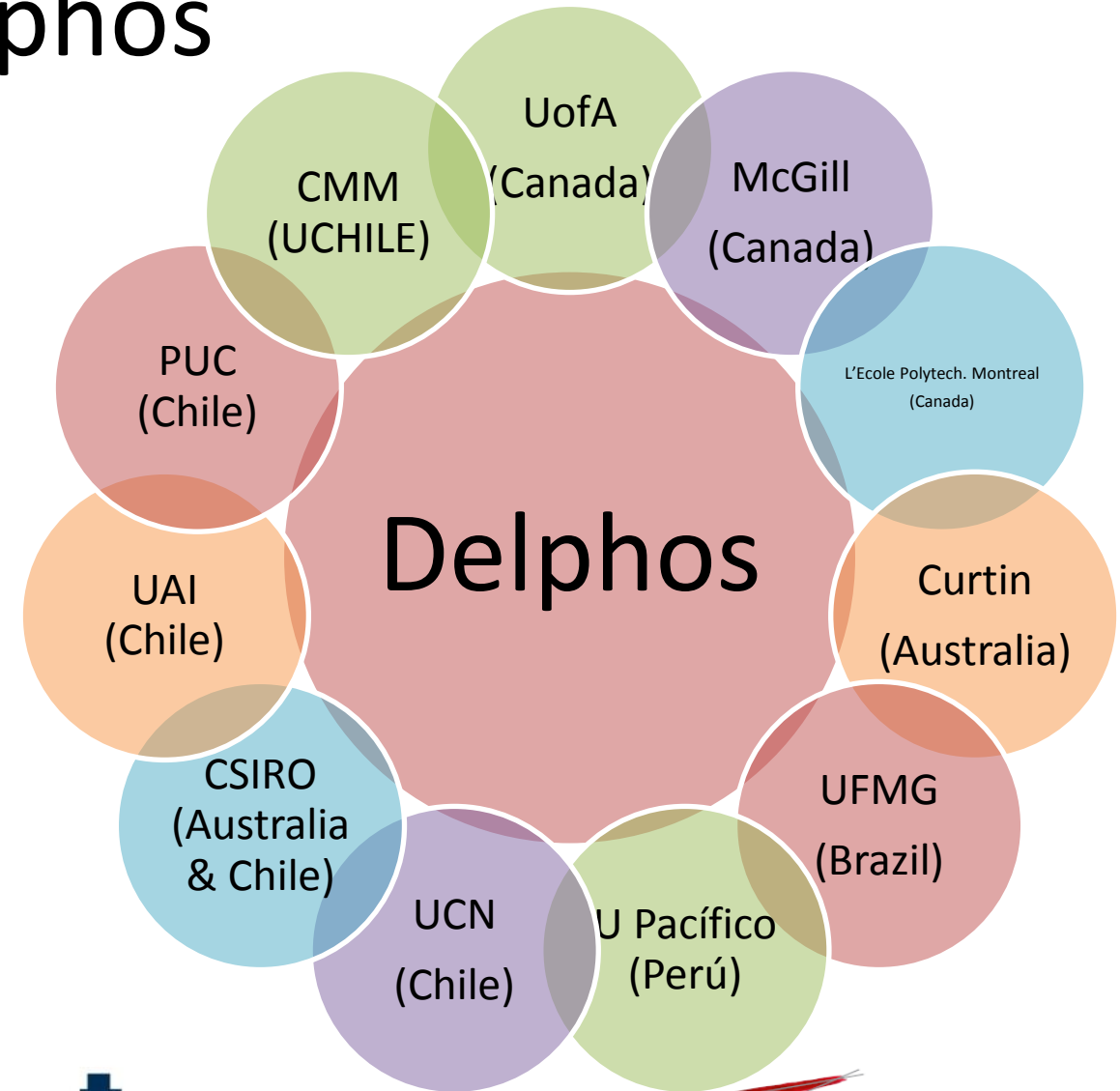
- Maximiliano Alarcón, Ing. Minas
- Alejandro Ehrenfeld, Ing. Eléctrico
- Nelson Espejo, Ing. Mat.
- Fabián Manríquez, Mg. Minería
- Diego Mancilla, Mg. Estadística
- Gerson Morales, Ing. Computación
- Nelson Morales, PhD
- Pierre Nancel-Penard, PhD
- Consuelo Moreno, Ing. Mat.
- Andrés Parra, Mg. Minería
- Emilio Vargas Mg. Minería

Estudiantes (PhD y Ming, 8)

- Marcos Barbosa
- Enrique Jélvez (PhD)
- *Gonzalo Nelis*
- Felipe Orellana
- Javier Pérez
- *Gonzalo Sepúlveda*
- Héctor Toro
- María José Suárez
- Estudiantes (pregrado, 3)
 - Valentina Rojas
 - Carola Cerda
 - Sebastián Seguel

Delphos

- Delphos mantiene una activa red de colaboración con distintas instituciones e investigadores en Chile y el Mundo.
- Los temas de colaboración son
 - Algoritmos para planificación minera
 - Planificación bajo incertidumbre
 - Secuenciamiento en minería subterránea
- Se ha licenciado la tecnología para investigación y docencia (UFMG, UCN)



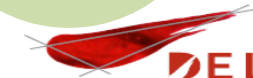
fcfm

Ingeniería de Minas

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

amtc

ADVANCED MINING TECHNOLOGY CENTER

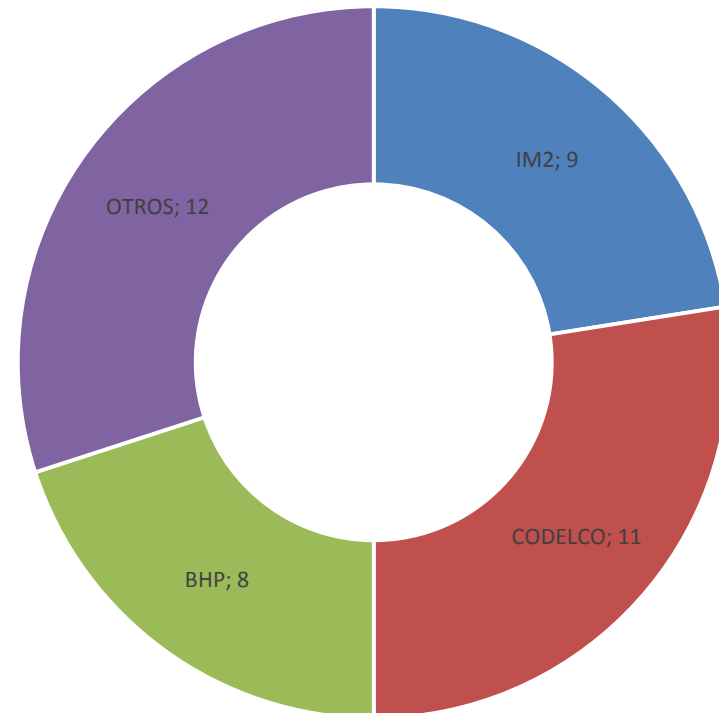


DELPHOS
laboratorio de planificación minera

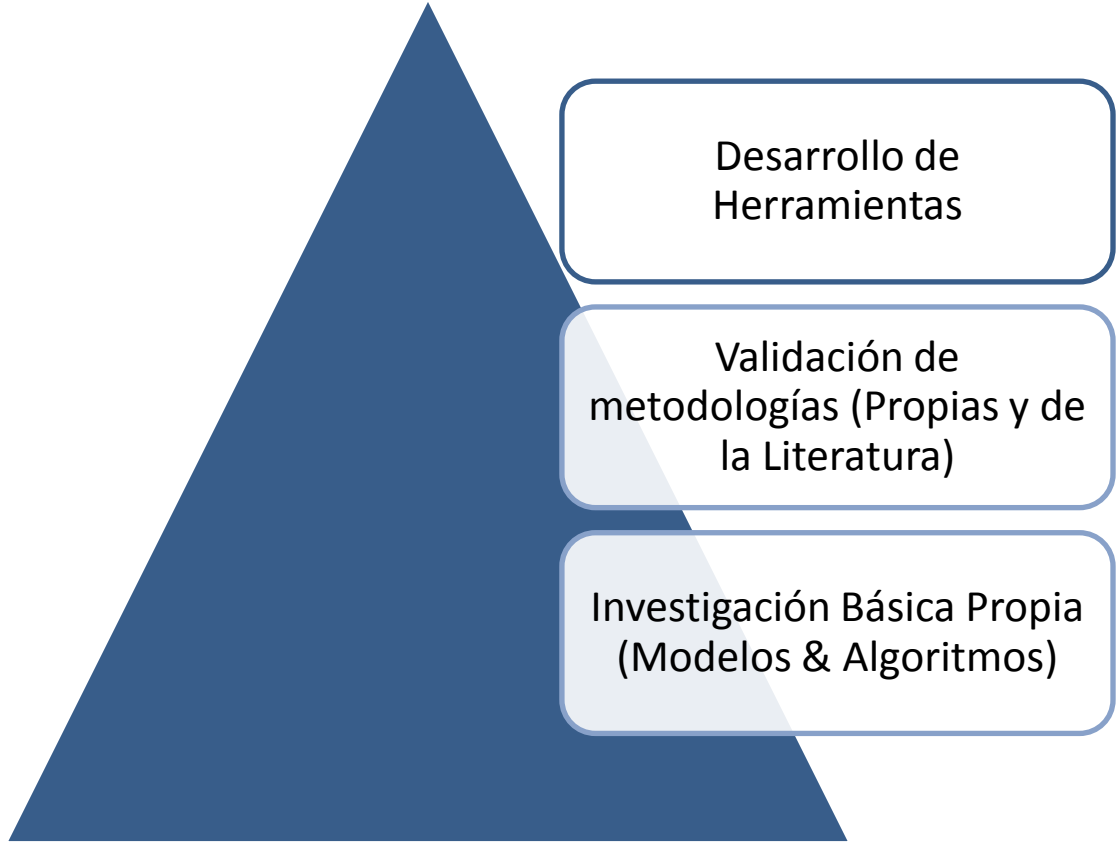
Delphos y la Industria

- Proyectos con/para
 - División Gabriela Mistral
 - Proactive Office
 - IM2
 - División Andina
 - PMCHS
 - El Teniente
 - RT
 - DMH
 - BHP Billiton

- Hoy



Modelo I+D+i



CONICYT,
CORFO,
INDUSTRIA



AMTC

Áreas de Investigación

Open-Pit

Underground

GMM

Material
Handling
Systems

Selective
Methods

B/P Caving

...

Transition

Preparation



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Andrés Parra

Ingeniería de Minas

amtc

ADVANCED MINING TECHNOLOGY CENTER

Javier Vallejos

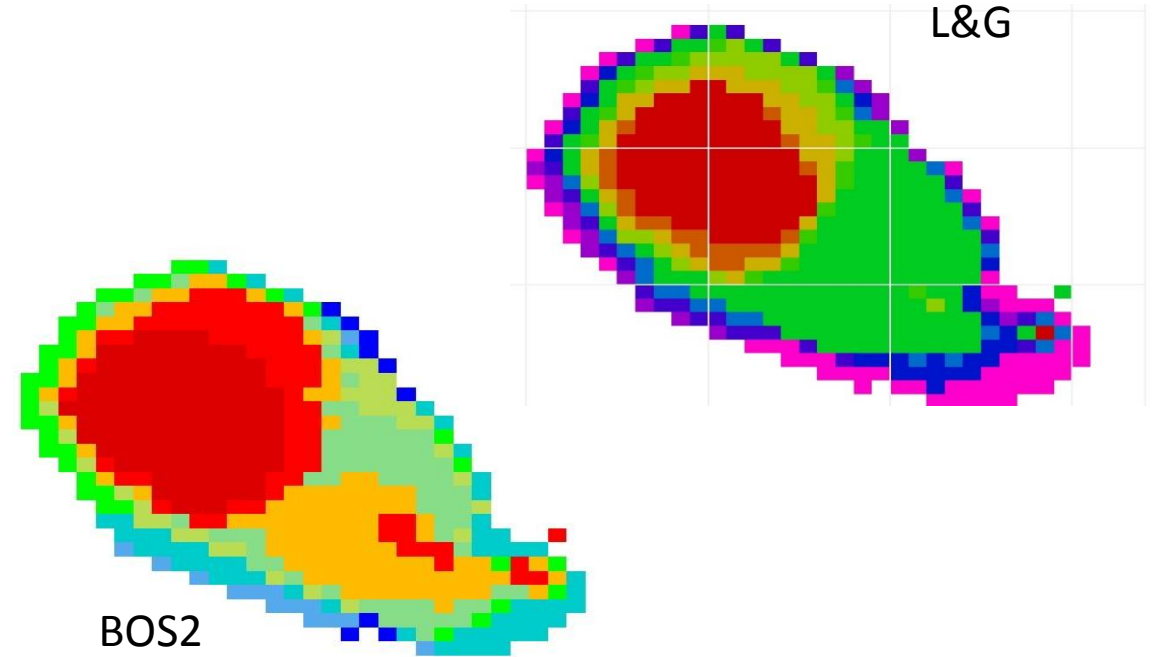
Raúl Castro

DELPHOS
laboratorio de planificación minera

Algunos temas abordados

Agendamiento directo de bloques

- Definición de la extracción período a período considerando
 - Restricciones de capacidad
 - Limitantes en la mezcla a planta
 - Multiprocesos
 - Multifaenas
 - Accesibilidad

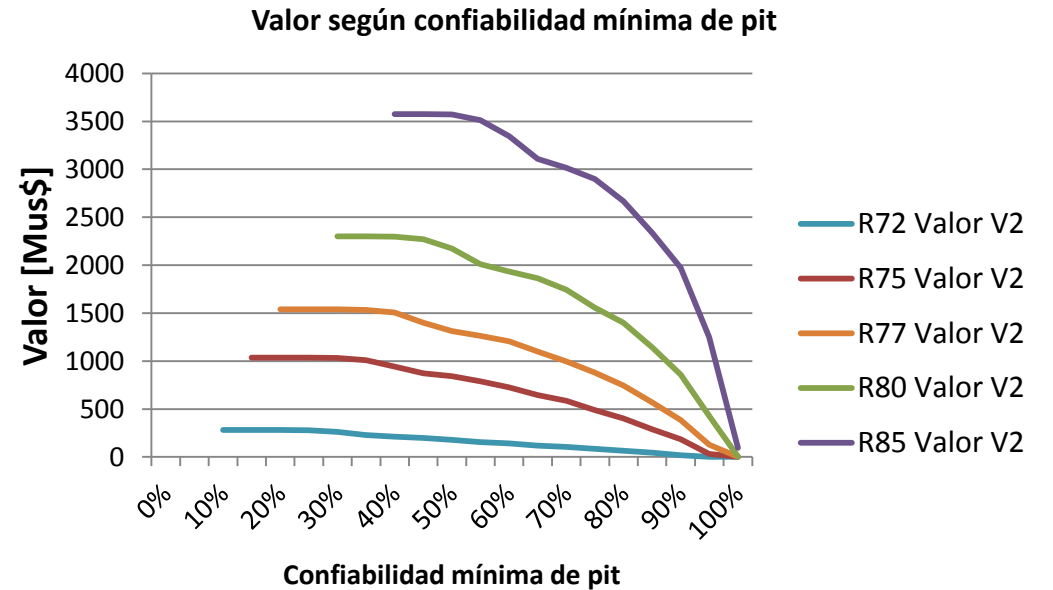


Plan	VAN (pre-diseño)	VAN (post-diseño)
LG	MUS\$ 289.1	MUS\$ 202.9
PL	MUS\$ 334.7	MUS\$ 203.6

Algunos temas abordados

Geo-minero-metalurgia

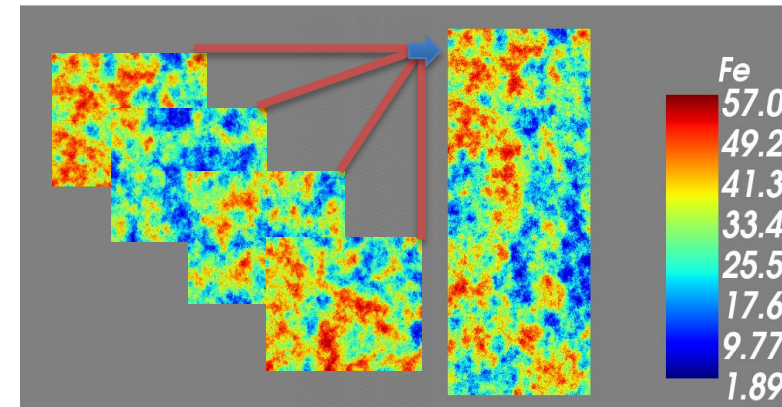
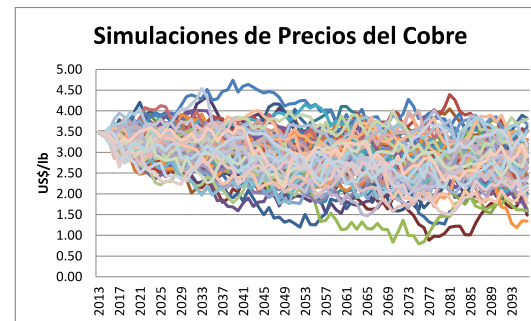
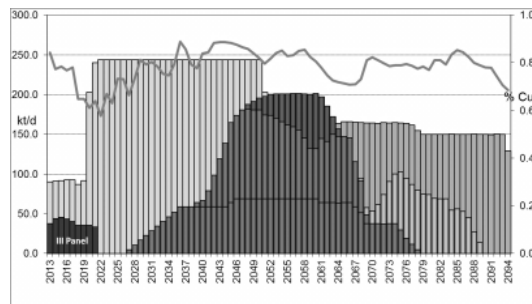
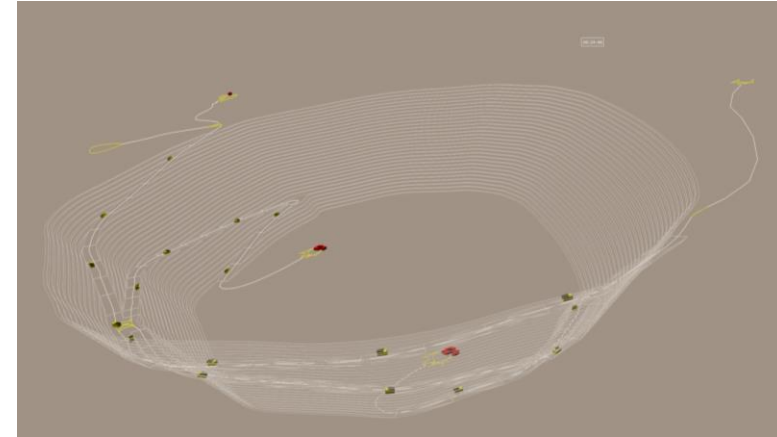
- Incorporación de variables adicionales al proceso de planificación
- Consideración de la variabilidad de los atributos geomet. y su impacto en planificación
- Planificación como vínculo entre la geología y los procesos:
 - Mejorar la predictibilidad
 - Reducir la variabilidad



Algunos temas abordados

Planificación con Incertidumbre

- ¿Cómo impactan la geología, el mercado y la operación? ¿En qué escenario es más relevante cada una de estas fuentes?



fcfm

Ingeniería de Minas

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

amtc

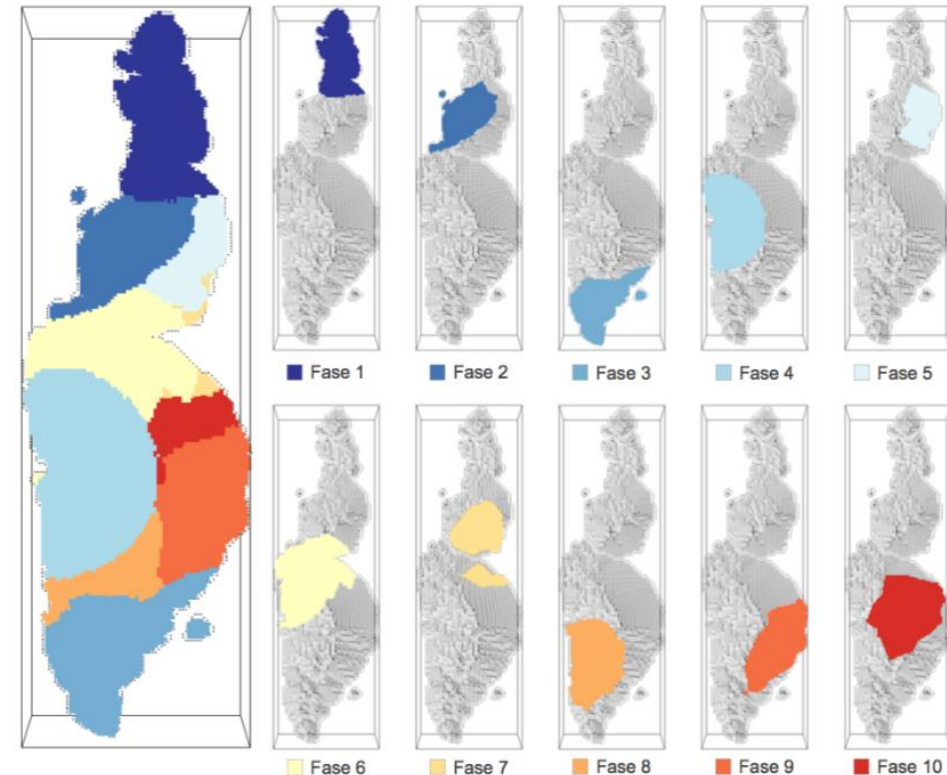
ADVANCED MINING TECHNOLOGY CENTER



Algunos temas abordados

Planificación y diseño

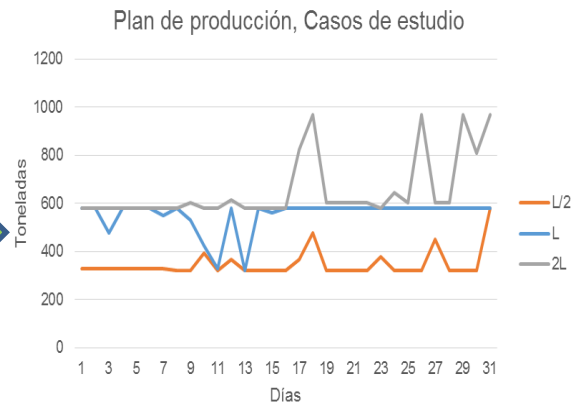
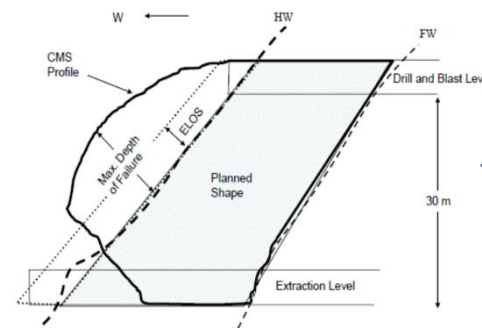
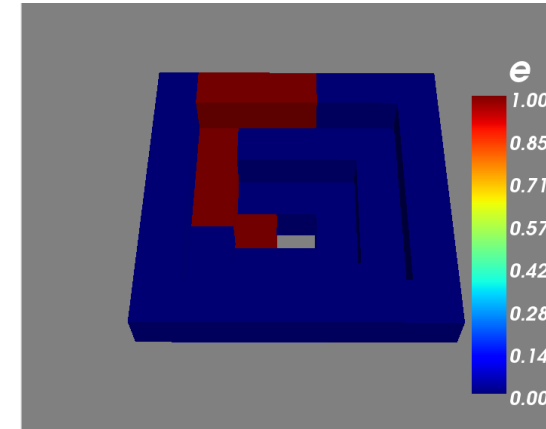
- Integrar las dimensiones espaciales (diseño) con las temporales (capacidades) a la hora de producir un plan.
- Considerar múltiples sistemas de manejo de materiales a la hora de hacer un plan estratégico.



Algunos temas abordados

Planificación y geomecánica

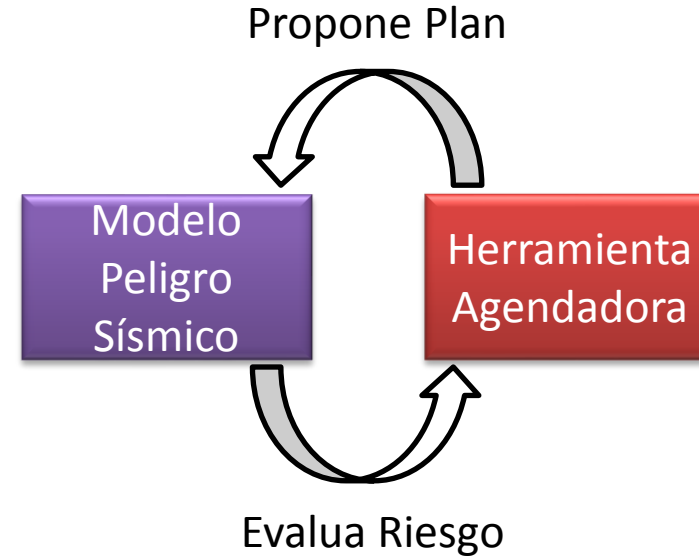
- ¿Pueden incluirse algunos parámetros de diseño en el proceso de planificación?
 - Optimizar valor considerando la dilución y estabilidad
 - Diseño óptimo a cielo abierto.



Algunos temas abordados

Planificación en Minería de Block y Panel Caving

- Herramientas de Planificación para Block y Panel Caving
 - ¿Cómo integrar los fenómenos de flujo en la optimización del agendamiento?
 - ¿Cómo optimizar las coberturas operacionales?
 - ¿Se puede gestionar el riesgo?
- Herramientas de Preparación
 - Conceptualización
 - Soluciones tecnológicas (captura y gestión de la información)
 - Planificación (agendamiento y simulación)



Max avance	[m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
front1	43.34	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front2	57.76	M	M	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front3	60.8	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front4	60.8	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front5	33.44	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front6	30.4	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front7	30.4	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front8	30.4	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs

Mín dev	[m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
front1	42.56	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front2	42.56	M	M	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front3	39.52	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front4	42.56	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front5	42.56	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front6	39.52	M	M	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front7	42.56	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front8	42.56	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs

Mín dev	[m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
front1	42.56	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front2	42.56	M	M	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front3	39.52	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front4	42.56	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front5	42.56	C	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front6	39.52	M	M	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
front7	42.56	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
front8	42.56	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs

Resultados (últimos 3 años)

- Más de 30 publicaciones en conferencias nacionales e internacionales
- 12 alumnos graduados (pre y posgrado)
- Más de 120 alumnos formados a través de diplomas del Departamento de Ingeniería de Minas (DPM, GMM, DIBC)
- Licenciamiento de software a la industria (1) y la academia (2)

Desarrollos (1/2)

UDESS
Carlo Lobiano

DOPPLER
Gonzalo Nelis

Blending

Accesibility

Mine
Preparation and
Construction

Dynamic Flow &
Seismic Risk
Planning

Scheduling

Design
Optimization

Final Pit &
Nested Pits

Direct Block Scheduling

Massive Mining Methods

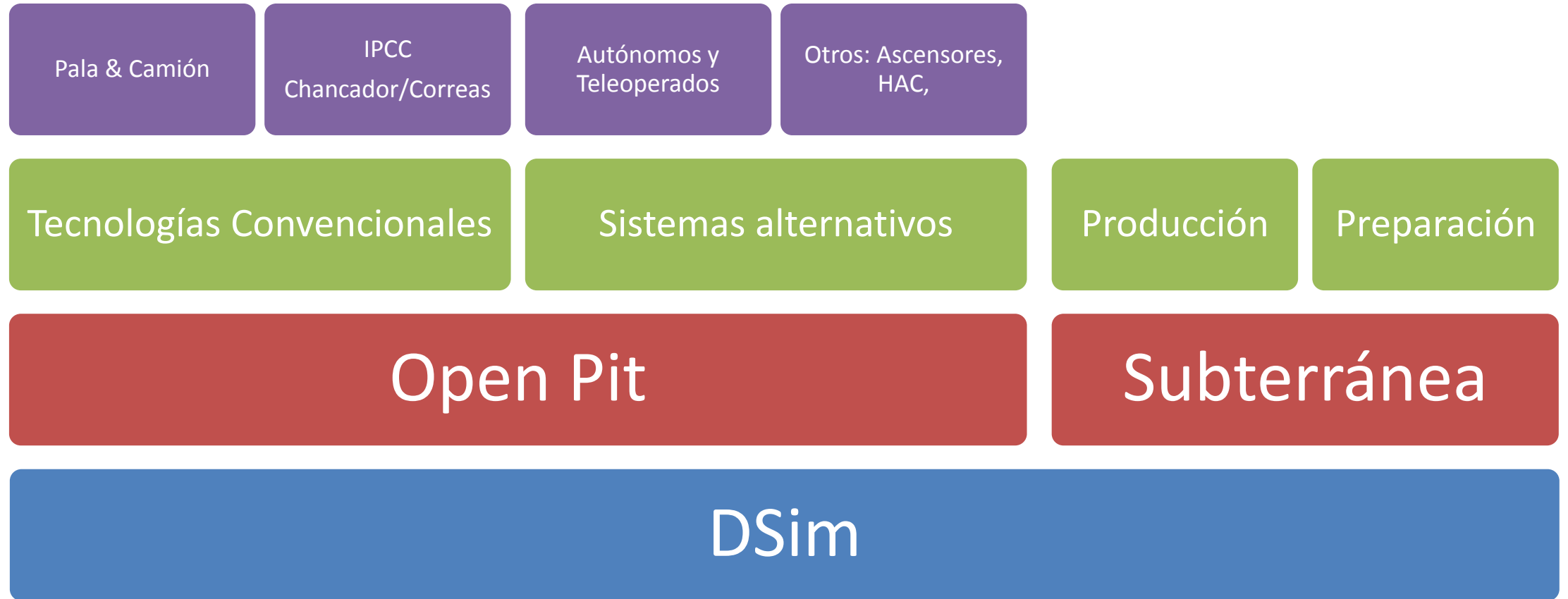
Selective Mining
Methods

Block Scheduling

Activity Scheduling

MineLink

Desarrollos (2/2)



La letra chica

- Disponemos de financiamiento basal, pero requerimos del soporte de la industria para que la transferencia sea efectiva
 - Adaptar este conocimiento a necesidades específicas
 - Brindar soporte y capacitación en las técnicas y herramientas desarrolladas
- **Software, presentaciones y resumen de publicaciones 2013-2015 estarán disponibles para descarga en <http://delphos.dmi.uchile.cl>**
- Algunas de nuestras herramientas (DOPPLER, UDESS) requieren de software comercial para su utilización
 - Las versiones gratuitas de estos software están basadas en alternativas que son libres, pero menos eficientes.



fcfm

Ingeniería de Minas

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

amtc

ADVANCED MINING TECHNOLOGY CENTER



¡Muchas gracias!

¿Preguntas?