

# DIPLOMA EN INGENIERÍA DEL CAVING

VERSIÓN ON-LINE

2021 - 2022

Director académico  
Profesor Raúl Castro



## Introducción

El Departamento Ingeniería de Minas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de Universidad de Chile ofrece a la comunidad minera, el **Diploma en Ingeniería del Caving (DIC)**, periodo 2021– 2022, sexta generación.

El programa está orientado a profesionales de la industria minera que buscan una profundización y actualización de conocimientos y técnicas para la aplicación efectiva de métodos de explotación subterráneos por hundimiento.

El Diploma en **DIC** busca ser la instancia académica de nivel internacional que encapsule y promueva la discusión y la reflexión del conocimiento de los procesos mineros que identifican a la minería de Caving.

El Diploma se desarrolla en base a:

- Cursos avanzados en minería de Caving.
- Actividades evaluadas en cada curso.
- Un curso final de Proyecto de Diploma, donde se realiza la aplicación de los conceptos del Programa.

## Objetivos del programa

Al término del Programa los profesionales serán capaces de discutir, defender, proponer, evaluar, compartir o aceptar juicios críticos respecto de las distintas materias que comprenden la Ingeniería del Caving, destacándose, entre otras, las siguientes competencias específicas:

- Entender y distinguir las últimas técnicas de caracterización geológica y geotécnica de zonas de explotación, así como comprender el rol de las técnicas de preacondicionamiento en el macizo.
- Conocer y aplicar los fundamentos geomecánicos que sustentan el Caving.
- Identificar los principales riesgos geomecánicos y como éstos pueden ser modelados, mitigados y manejados de manera eficaz.
- Comprender los fundamentos del diseño de niveles de producción, hundimiento, ventilación y sistema de manejo de materiales.
- Distinguir y aplicar las principales metodologías y herramientas de la planificación minera subterránea.
- Identificar y proponer soluciones para problemas técnico/económicos que pondrían en riesgo un proyecto de caving tales como recursos humanos, manejo de materiales y logística entre otros.



## Horas de docencia, estudio personal y actividades

Tiempo de enseñanza total : 90 h.  
 Proyecto : 40 h.  
 Estudio personal + actividades : 50 h.  
**Tiempo total : 180 h.**

- El formato de clases será online, a través de plataforma U-Cursos y ZOOM (streaming), en sesiones los días martes, miércoles y jueves.
- Trabajo individual (Proyecto) que debe materializarse con la entrega de un informe / presentación en el último curso del Diploma.

Tem a	Nombre del tema	Módul o	Nombre del módulo	Docenci a [h]	E+A [h]
1	Introducción	1	Introducción	6	3
2	Caracterización Geotécnica y Preacondicionamiento	1	Caracterización geotécnica	12	7
		2	Preacondicionamiento del macizo rocoso		
3	Fundamentos geomecánicos	1	Fundamentos geomecánicos	12	8
		2	Geomecánica aplicada en entornos de alto y bajo esfuerzo		
		3	Casos de estudio		
4	Diseño minero	1	Niveles principales en minas de BC y Flujo gravitacional	12	8
		2	Análisis de riesgos		
5	Tronadura y Excavación en Roca	1	Excavación usando explosivos	12	7
		2	Tronadura de desarrollos y producción		
6	Ventilación de Minas Subterráneas	1	Principios de la ventilación de minas y Prevención de incendios	12	7
		2	Aplicación de principios a minería de caving		
7	Planificación Minera	1	Planificación del BC	12	7
		2	Aspectos estratégicos		
		3	Aspectos generales y optimizantes		
8	Análisis de proyectos de caving	1	Análisis de casos de estudio	6	3
9	Proyecto Final	1	Presentación de proyecto	6	-
<b>Total [h]</b>				<b>90</b>	<b>50 (+40)</b>



## Evaluación de actividades

Las actividades de este Diploma tienen las siguientes características:

- Son de carácter obligatorio y tendrán el formato de un proyecto de corto alcance.
- La mayoría de las actividades serán desarrolladas en software.
- Las actividades serán evaluadas a través de una presentación, para lo cual se agendará una reunión online.

## Calendario

Módulo		Profesores	Días	Mes	Año
1	Introducción	Raúl Castro	6, 7, 8	Julio	2021
2	Caracterización Geotécnica y Preacondicionamiento	Kimie Suzuki	20, 21, 22	Julio	
		Andrés Brzovic	27, 28, 29		
3	Fundamentos geomecánicos y aplicación	Kimie Suzuki	17, 18	Agosto	
		Javier Vallejos	19, 24, 25		
		David Cuello	26		
4	Diseño Minero	Raúl Castro Javier Ruiz del Solar	21, 22, 23, 28 29, 30	Septiembre	
5	Tronadura y Excavación en Roca	Luis Felipe Orellana	19, 20, 21	Octubre	
		Danko Morales	26, 27, 28		
6	Ventilación de Minas	Sergio Valencia	9, 10, 11 (16)	Noviembre	
		Sergio Valencia	(16) 17, 18		
7	Planificación Minera	Alfonso Ovalle	4, 5, 6	Enero	
		Alfonso Ovalle	11 (12)		
		Alfonso Ovalle	(12) 13		
8	Análisis de proyectos de caving	Gustavo Reyes	15, 16, 17	Marzo	2022
9	Estudio de Caso, presentación proyecto	Raúl Castro	22, 23, 24	Marzo	

Las clases se realizarán de martes a jueves en horario de 18:00 a 20:00 horas (Chile).



## Profesores del programa

Profesor (a)	Grado académico	Institución actual
Andrés Brzovic	Geólogo, PhD	Codelco, El Teniente (Director de Minería Subterránea)
Raúl Castro	Ingeniero de Minas, PhD	Universidad de Chile
David Cuello	Ingeniero de Minas, MSc	Consultor
Gustavo Reyes	Ingeniero de Minas	HATCH (Gerente de Proyectos, Consultor) Universidad de Chile Universidad Católica de Chile
Danko Morales	Ingeniero de Minas	ENAEX (Gerente Minería Subterránea)
Luis Felipe Orellana	Ingeniero de Minas, PhD	Universidad de Chile
Alfonso Ovalle	Ingeniero de Minas	AMEC (Principal Ingeniero de Minas) Universidad de Chile
Sergio Valencia	Ingeniero de Minas	Codelco, Chuquicamata (Jefe de ventilación)
Javier Ruiz del Solar	Ingeniero Eléctrico, PhD	Universidad de Chile
Kimie Suzuki	Ingeniera de Minas, PhD	Universidad de Chile
Javier Vallejos	Ingeniero de Minas, PhD	Universidad de Chile

## Requisito de admisión y postulación

Podrán postular al programa en Ingeniería del Caving, quienes cumplan con las siguientes formalidades:

- Estar en posesión del Grado de Licenciado en una disciplina afín al programa. Asimismo, podrán postular quienes posean un título profesional cuyo nivel, contenido y duración de estudios correspondan a una formación equivalente a la del



grado de Licenciado en la Universidad de Chile. Éste deberá acreditarse mediante fotocopia notarial del certificado correspondiente.

- Currículum vitae.
- Formulario de postulación. <https://forms.gle/5Y98yNGkm4nifmwu8>

El proceso de postulación está abierto y concluye el **25 de junio, 2021**.

Los cupos son limitados y se ofrecen por estricto orden de inscripción y cumplimiento de requisitos. Cada postulación será resuelta por el Director Académico del Programa quién decidirá la aceptación o rechazo a su admisión, según los antecedentes presentados.

Las personas interesadas en realizar el Diploma deberán postular a la secretaría del programa, adjuntando la documentación requerida a: <https://forms.gle/5Y98yNGkm4nifmwu8>

## Valores y Forma de Pago

El programa tiene un costo total de \$ 3.900.000 - US\$ 5.200

Todo alumno deberá pagar una inscripción de \$500.000 / US\$ 625 los que serán descontados del valor total del Programa.

El valor restante se deberá pagar en cuotas mensuales con transferencia electrónica o tarjeta bancaria en un plazo no mayor a 12 meses.

- El valor del programa en dólares podrá variar dependiendo el tipo de cambio publicado por la U. de Chile al momento de facturación (se considera t/c \$ 750).
- Alumnos patrocinados por empresas en Chile, deberán formalizar mediante O/C por módulo antes del 19 de marzo 2021.
- Alumnos particulares o extranjeros deberá formalizar el pago antes del inicio de cada sesión de clases según calendario.
- Antes de 15 marzo 2022 todo alumno deberá tener pagado el programa completo (requisito de graduación y entrega de diploma).

## Certificado

A la aprobación de todos los requisitos del Programa, el/la estudiante recibirá un **Diploma en Ingeniería del Caving (DIC)**, emitido por el Departamento Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile.

## Sede y Contacto

Departamento Ingeniería de Minas  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas



Universidad de Chile  
Beauchef 850 – Santiago de Chile  
Ingrid Thiele - Verónica Möller  
[diploma@minas.uchile.cl](mailto:diploma@minas.uchile.cl) - [www.minas.uchile.cl](http://www.minas.uchile.cl)

## Notas

- Los organizadores se reservan el derecho de cancelar el **DIC** si los alumnos / alumnas no se ajustan a un número mínimo necesario y/o por motivos de fuerza mayor.
- Ante la eventualidad del retiro de algún docente, los organizadores se comprometen a encontrar un reemplazante adecuado.



# PROGRAMA DEL DIPLOMA INGENIERÍA DEL CAVING

2021 - 2022





## Tema 1: INTRODUCCIÓN A MINERÍA DE CAVING

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- Comprender y aplicar los conceptos que sustentan la selección de métodos de explotación subterráneos.
- Entender y aplicar las variables y parámetros claves para el diseño de block/panel y Sublevel caving.
- Aplicar y comprender los conceptos que sustentan la selección de variantes de explotación por caving.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: Introducción	Métodos de explotación subterráneos	1	0.25	Lecturas Tendencias tecnológicas
	Variantes / Clasificación del método de explotación por hundimiento	1	0.25	
	Parámetros que definen el diseño minero	1	0.25	
	Operaciones	1	0.25	
	Factores de riesgo	1	0.25	
	Variables clave	1	0.25	
<b>Total [h]</b>		<b>6</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>



## Tema 2: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y PREACONDICIONAMIENTO

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- Conocer y aplicar los conceptos que permiten caracterizar al macizo rocoso.
- Comprender el rol de las discontinuidades y su representación.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Caracterización geotécnica</b>	Definiciones geotécnicas	0.5	0.15	Estimación parámetros Criterio falla Hoek Brown (software)
	Información básica para un proyecto (Muestras, topografía, geología and hidrogeología)	1	0.25	
	Clasificación y descripción de discontinuidades	1	0.25	
	Análisis y representación de discontinuidades	1	0.25	
	Clasificación del macizo rocoso	1	0.25	
	Propiedades mecánicas de la roca/ macizo rocoso	1	0.25	
	Esfuerzos in-situ	0.5	0.15	
Módulo 2: <b>Preacondicionamiento del macizo rocoso</b>	Marco conceptual y fundamentos técnicos del Preacondicionamiento.	1	0.25	Impacto del PA en la calidad del macizo rocoso (teórico – práctico)
	Técnicas para implementación del Preacondicionamiento	0.5	0.15	
	Fracturamiento hidráulico	0.5	0.15	
	Debilitamiento Dinámico con Explosivos	0.5	0.15	
	Técnicas mixtas de preacondicionamiento	0.5	0.15	
	Generación de Línea Base y Fase Experimental	1	0.2	
	Monitoreo y control de la fragmentación	1	0.2	

Casos de estudio	1	0.2	
<b>Total [h]</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

## Tema 3: FUNDAMENTOS GEOMECÁNICOS

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- Asimilar y aplicar los conceptos de esfuerzos inducidos, fortificación y mecanismos del caving.
- Entender los principales peligros geomecánicos en condiciones de altos esfuerzos.
- Comprender y aplicar los principales peligros en condiciones de bajos esfuerzos.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Fundamentos geomecánicos</b>	Esfuerzo y deformación en roca	0.5	0.15	Modelamiento numérico para determinar esfuerzos y deformaciones entorno a excavaciones
	Esfuerzos inducidos entorno a excavaciones	1	0.25	
	Estabilización del macizo rocoso	1	0.25	
	Sismicidad inducida	0.5	0.15	
	Mecánica del caving	1	0.25	
	Ejercicios	0.5	0.15	
Módulo 2: <b>Geomecánica aplicada en entornos de alto y bajo esfuerzo</b>	Condiciones y peligros geomecánicos	1	0.25	
	Preacondicionamiento aplicado	1	0.25	
	Excavaciones en condiciones de altos esfuerzos	1	0.25	
	Excavaciones en condiciones de bajos esfuerzos	1	0.25	
	Sismicidad observada en condiciones de altos esfuerzos	0.5	0.15	
	Fortificación	0.5	0.15	
Módulo 3: <b>Casos de estudio</b>	Casos de estudio	2	0.35	

	<b>Total [h]</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

## Tema 4: DISEÑO MINERO

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- Conocer y comprender las variables y parámetros claves para el diseño del nivel de producción en block/panel y Sublevel caving.
- Comprender los peligros de seguridad, productividad y costos asociados al diseño del nivel
- Conocer y comprender los fundamentos que sustentan el diseño del nivel de hundimiento
- Comprender y aplicar la relación entre el diseño y la capacidad productiva.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Niveles principales en minas de BC y Flujo gravitacional</b>	Principios del flujo gravitacional	1	0.25	Modelamiento de capacidad productiva mediante eventos discretos
	Fragmentación primaria y secundaria	1	0.25	
	Diseño de niveles de extracción	1	0.25	
	Diseño de bateas	1	0.25	
	Diseño de nivel de hundimiento	1	0.25	
	Sistemas de extracción por LHD y automatización	1	0.25	
	Sistemas de manejo de materiales y simulaciones	1	0.25	
	Planes de producción y simulaciones	1	0.25	
Módulo 2: <b>Análisis de riesgo</b>	Recuperación minera y dilución	1	0.2	
	Bombeos	0.5	0.15	
	Colgaduras	0.5	0.15	
	Estabilidad	0.5	0.15	
	Indicadores de extracción	0.5	0.15	
	Cuantificación de peligros	1	0.2	
<b>Horas totales</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>5</b>



## Tema 5: EXCAVACIONES EN ROCA

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- Conocer y comprender los tipos de contrato de obras para el desarrollo mina
- Conocer y aplicar la importancia que tiene la tronadura y su influencia en su entorno físico
- Estarán capacitados para evaluar en terreno, la efectividad de las prácticas de perforación y tronadura en la construcción de labores subterráneas.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Excavación usando explosivos</b>	Explosivos y sistemas de iniciación	1	0.25	Diseño de tronadura y Estimación de daño entorno a excavaciones (software)
	Interacción explosivo-roca	1	0.25	
	Obras de preparación	1	0.25	
	Monitoreo y análisis de velocidad de detonación	1	0.25	
	Medición y análisis de vibraciones inducidas por voladura	1	0.25	
Módulo 2: <b>Tronadura de desarrollos y producción en minería de caving</b>	Desarrollos horizontales y verticales	2	0.5	
	Características del ciclo típico de construcción	1	0.25	
	Condiciones de éxito en el desarrollo de túneles	1	0.25	
	Tronadura de socavación	1	0.25	
	Tronadura de zanjas y calles	1	0.25	
	Casos de estudio	1	0.25	
<b>Horas totales</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>4</b>



## Tema 6: VENTILACIÓN DE MINAS

### Objetivos

Al término del curso los participantes serán capaces de:

- Conocer y comprender los conceptos fundamentales del diseño de sistemas de ventilación en minería subterránea.
- Aplicar los aspectos específicos a considerar para minería de caving.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Principios de ventilación de minas y Prevención de incendios</b>	Requerimientos de aire	1	0.25	Cálculo de requerimientos de aire y Simulación de circuito de ventilación (ejercicio)
	Resistencia y caída de presión	2	0.5	
	Ventiladores	1	0.25	
	Técnicas y métodos de estudios de ventilación	1	0.25	
	Modelamiento de incendios	1	0.25	
	Ejemplos de aplicación	1	0.25	
Módulo 2: <b>Principios de ventilación aplicados</b>	Ejemplos de sistemas de ventilación de minería por hundimiento	2	0.5	
	Control de contaminantes en minería por hundimiento	1	0.25	
	Monitoreo y control de la ventilación	1	0.25	
	Ventilación on-demand	1	0.25	
<b>Total [h]</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>4</b>



## Tema 7: PLANIFICACIÓN MINERA

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- Conocer los aspectos de control producción necesarios para la planificación y programación de la producción
- Conocer los fundamentos de confiabilidad aplicado a la planificación de producción que identifique las características de los métodos de explotación por hundimiento en restricciones a incorporar en los planes mineros para los diferentes horizontes de planificación.
- Aplicar diferentes técnicas de programación de la producción y preparación minera de modo de incentivar los factores de renta del negocio minero sujeto a las restricciones impuestas por los métodos de explotación.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Planificación del BC</b>	Selección del método y variante	1	0.25	Planificación de la producción (software)
	Selección de niveles a explotar	1	0.25	
	Determinación de recursos	1	0.25	
	Ritmo de producción	1	0.25	
	Programa de hundimiento	1	0.25	
	Programa de producción y costos	1	0.25	
Módulo 2: <b>Aspectos estratégicos</b>	Consideraciones para el diseño de niveles, Infraestructura	1	0.25	
	Programa de desarrollo y costos	1	0.25	
	Equipos y personal	0.5	0.15	
	Evaluación económica y Riesgos	0.5	0.15	
Módulo 3: <b>Aspectos generales y optimizantes</b>	Aspectos estratégicos generales	1	0.25	
	Agregación de valor	1	0.25	
	Estudios trade-off	1	0.2	



Total [h]	12	3	4
-----------	----	---	---

## TEMA 8: ANÁLISIS DE PROYECTOS DE CAVING

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- Entender las bases que sustentan la planificación estratégica y ejecución efectiva de proyectos de caving.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades [h]
Módulo 1: Análisis de casos de estudio	Factores de éxito	1	0.25	Benchmark
	Riesgos involucrados	2	0.25	
	Herramientas y técnicas para el control de riesgos	1	0.25	
	Casos de estudio	2	0.25	
Total [h]		6	1	2





## Tema 9: PROYECTO FINAL

### Objetivos

El objetivo del curso de proyecto es permitir que el alumno aplique los conocimientos y técnicas adquiridas en el transcurso del Diploma, mediante la realización de un proyecto a su elección, en un tema relativo a la Ingeniería del Caving.

### Detalles

El proyecto de Diploma debe cumplir con lo siguiente:

- Debe poseer un alcance tal que permita recopilación de información, análisis y desarrollo del trabajo dentro de los plazos establecidos.
- Contemple un área de desarrollo en el marco de la Ingeniería de Block/Sublevel
- Caving, referidos a los contenidos del Diploma.
- Utilice las herramientas entregadas en el Diploma del Caving.
- Sea relevante a la realidad productiva.



# DIPLOMA EN INGENIERÍA DEL CAVING

VERSIÓN ON-LINE

2021 - 2022

Director académico  
Profesor Raúl Castro



