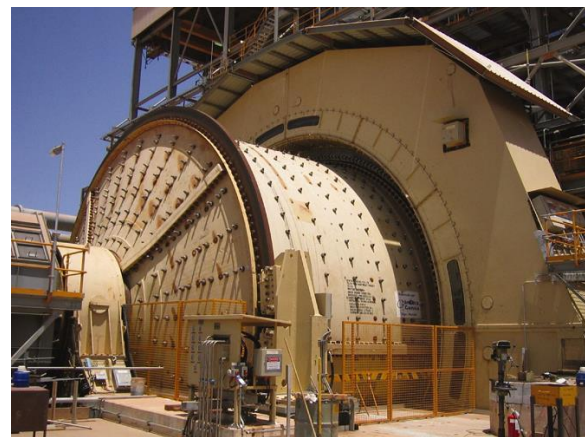


# ESCONDIDA | BHP

## DIPLOMADO EN MOLIENDA



# PRESENTACIÓN

En respuesta a la necesidad de formación y especialización de los profesionales asociados a la empresa Escondida|BHP, se ha creado un conjunto de diplomados en colaboración con las facultades de ingeniería de las universidades Católica del Norte y de Antofagasta. Este programa se centra en el ámbito de la molienda, un proceso intensivo en consumo energético en la metalurgia extractiva. El objetivo es optimizar la eficiencia de la planta de molienda sin comprometer la calidad del procesamiento del mineral. Además, el diplomado aborda la transición hacia la inteligencia artificial en el control de procesos, reflejando la tendencia hacia la automatización en la industria.

**ESCONDIDA | BHP**



# PRESENTACIÓN

Este diplomado integral va más allá de la molienda y se extiende a áreas complementarias, como el mantenimiento de equipos, promoviendo la colaboración interdisciplinaria entre participantes de diferentes áreas. También se alinea con el Proyecto Educativo Institucional en términos de formación para la globalización y la formación permanente, contribuyendo al desarrollo de capital humano y la actualización de competencias en el contexto de la industria minera y las tecnologías de la información y comunicación. Este programa busca promover la excelencia y la vanguardia en la industria de la molienda y sus interacciones multidisciplinarias.

**ESCONDIDA | BHP**



# CONTRIBUCIÓN AL PLAN DE DESARROLLO UNIDAD

Dado que esta es una instancia donde alumnos de últimos años se reunirán con profesionales lo que contribuiría a la generación de redes. Además, dada la participación de relatores de nivel internacional, esto contribuiría a que dichos alumnos puedan participar en equipos de investigación internacional.

**ESCONDIDA | BHP**



# PERFIL DE INGRESO DIPLOMADO

El programa de diplomado en Molienda busca atraer a profesionales y especialistas de la industria minera interesados en elevar su expertise en molienda y mantenimiento, así como a aquellos provenientes de campos relacionados que deseen construir una comprensión más profunda de estos procesos críticos. El diplomado está dirigido a Profesionales que se desempeñen en diversas áreas de la empresa procurando la participación de profesionales del área de molienda y mantenimiento. Además, está dirigido a estudiantes de último año de ingeniería de base científica y/o con grado académico de licenciado. Dentro de los participantes del diplomado se tomará como criterio de selección la equidad de género.

**ESCONDIDA | BHP**





# PERFIL DE EGRESO DIPLOMADO

- El y la egresada del Diplomado en Molienda ofrecido conjuntamente por las facultades de ingeniería de la Universidad Católica del Norte y la Universidad de Antofagasta es capaz de interpretar la información proveniente del proceso de conminución para realizar una toma de decisiones correctas.
- El o la profesional que participe del programa será capaz de entender el proceso de molienda de forma holística enfocado en la composición mineral, la mantención y el control de dicho proceso.
- El o la egresada del diplomado sabrá interpretar como la composición mineralógica del mineral y su variabilidad afecta la liberación del mismo. También conocerá cómo se desarrolla la mantención de los equipos permitiendo hacer un uso efectivo de los equipos dentro de la planta de molienda, evitando posibles fallas en la planta.
- El o la egresada del programa será capaz de interpretar cómo funcionan las estrategias de control automático en la planta permitiendo estimar el comportamiento de las variables controladas. Finalmente será capaz de simular procesos de conminución para plantear posibles escenarios que se pueden generar en el procesamiento.

Con este perfil, el y la profesional del Diplomado en Molienda está preparado para enfrentar y superar los desafíos contemporáneos y futuros de la industria minera, contribuyendo activamente al progreso y la innovación en el sector.

**ESCONDIDA** | **BHP**



# METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

La formación a través de este diplomado es de tipo práctico

- Considera clases en modalidad online con apoyo del campus virtual UCN y experiencias en laboratorios de la Universidad Católica del Norte, así como experiencias de terreno, en instalaciones de BHP. Respecto de las clases online, cada asignatura considera una contextualización, marco teórico y análisis de desafíos del área. Las clases serán dictadas por académicos y académicas de ambas universidades con la colaboración de expertos internacionales y reconocidos profesionales de la industria. En el caso de los módulos de expositores internacionales, el programa considera traducción simultánea.
- Todas las clases serán grabadas y subidas a plataforma en el campus virtual UCN. Entre las estrategias de enseñanza, se encuentra el análisis y discusión de casos reales sintonizados a partir de información proporcionada por la empresa. La evaluación del Diplomado consta de 5 evaluaciones con una ponderación equivalente del 20 % cada una.

**ESCONDIDA | BHP**



# METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

- Al finalizar cada asignatura se realizará una Evaluación sincrónica en línea.
- Dependiendo de la asignatura deberán utilizar los software aplicados durante el dictado de clases para la resolución de problemas.
- Los participantes deberán aprobar las 5 asignaturas. La nota de aprobación al final de las evaluaciones fijadas en cada asignatura deberá ser una nota promedio igual o superior a 4.0 (cuatro coma cero), en la escala de 1.0 a 7.0.

Ponderación:

$$\text{Nota Final} = \text{Evaluación}_{A1} * 20\% + \text{Evaluación}_{A2} * 20\% + \text{Evaluación}_{A3} * 20\% + \text{Evaluación}_{A4} * 20\% + \text{Evaluación}_{A5} * 20\%$$

- cumplir con una asistencia a las clases teóricas Online mínima del 75% y una asistencia a experiencias prácticas presenciales (laboratorios y visitas a terreno Escondida I BHP) mínima de 75%.



# PLAN CURRICULAR



**ESCONDIDA | BHP**

 **HEUMA**  
Ingeniería de Clase Mundial  
Consorcio UA & UCN



**Asignatura 1**  
**Caracterización**  
**de Minerales**  
**22 hrs**

- **Semana 1 a la Semana 3**
  - Técnicas de caracterización mineralógica y elemental.
  - Influencia de mineralogía en los procesos de conminución & clasificación.
  - Mapa de Partículas
  - Caracterización física del Mineral incluyendo el SPI.
  - Técnicas de muestreo enfocadas a pulpas.
- **Experiencia práctica: Visita al los laboratorios de MAINI UCN.**

## **Asignatura 2**

# **Fundamentos de Conminución & Clasificación**

**30 hrs**

- **Semana 3 a la Semana 6**
  - Fundamentos del proceso de conminución.
  - Parámetros en Operaciones de Clasificación.
  - Análisis granulométrico y modelos de distribución.
  - Circuitos de conminución.
- **Experiencia práctica: Laboratorio de conminución y clasificación.**

**Asignatura 3**  
**Mantenimiento**  
**Mecánica y**  
**Eléctrica en**  
**Procesos de**  
**Molienda**

**43 hrs**

- Semana 7 a la Semana 12.
  - Mantenimiento de Equipo.
  - Mantención Válvulas.
  - Mantenimiento de Correas Transportadoras.
  - Mantención de Sistemas Transmisión.
  - Funciones, Riesgo Eléctrico, Normas, Estadísticas y Registros de Falla.
  - Indicadores, Herramientas e Instrumentos.
  - Diagramas, Planos, Guías de Maniobra, Protocolos y Planes de O&M
  - Back-Log, Seguimiento y Control, MCM.
- Visita guiada en Escondida BHP para asentar los conocimientos recibidos.

**Asignatura 4**  
**Automatización**  
**y Control en**  
**Procesos de**  
**Conminución**

**35 hrs**

- **Semana 12 a la Semana 15.**
  - Conceptos Básicos de QA/QC.
  - Operación y funcionamiento de Analizador en Línea. Sensores.
  - Filosofía de control y operación de los equipos y uso del sistema experto.
  - Instrumentación y Lazos.
  - Control Multivariante, MPC.
  - Digital Twins.
- Experiencia práctica: Laboratorio de Control Online con Matlab.

**Asignatura 5**  
**Simulación de la**  
**Molienda y**  
**Análisis**

**41 Hrs**

- Semana 19 a la Semana 22
  - Balance Metalúrgico y Reconciliación de Datos
  - Optimización de Molinos de Bolas.
  - Modelos matemáticos de Clasificación y Molienda.
  - Fundamentos del Modelado de Molino de Bolas, dentro del ajuste del modelo
  - Simulación de circuitos de Molinos de Bolas.
  - Simulación de la Molienda SAG.
- Experiencia práctica: Laboratorios de Simulación online con JKSimMet.



**WORKSHOP**  
**“Innovación en  
Procesos de  
Molienda y  
Conminución”**

- **Semana 23.**
  - Desafíos asociados a procesos de molienda.
  - Innovación en procesos de conminución.
  - Invitados especialistas BHP, especialistas nacionales, académicos del Diplomado de Molienda.

# MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

Habilidad(es)	Resultados de Aprendizaje	Caracterización de Minerales	Fundamentos de Comminución & clasificación	Mantenimiento Mecánica y Eléctrica en Procesos de Molienda	Automatización y Control en Procesos de Comminución	Simulación de la Molienda y Análisis
Analizar la composición de los minerales con el proceso de molienda su implicancia en la liberación del mineral de valor	RA 1: Describir las propiedades físicas y químicas de los minerales y su importancia en los procesos de molienda.	X				
	RA 2 : Aplicar los principios de trituración para determinar las técnicas de molienda apropiadas para tipos de minerales específicos.		X			
	RA 3: Reconocer el fundamento de la disminución de tamaño de partícula identificando las variables de operación		X			
Proponer planes de mantenimiento y control considerando	RA 4: Explicar la importancia del mantenimiento regular y la inspección del equipo de molienda.			X		
	RA 5: Identificar aspectos fundamentales tanto de la mantención mecánica como de la mantención eléctrica de los equipos de Molienda.			X		
	RA 6 : Utilizar las herramientas disponibles, desde el control convencional hasta control inteligente aplicado a la estrategia de control.				X	
	RA 7: Analizar la evolución del control del proceso de molienda					X

# CUERPO ACADÉMICO

- Dr. Julio Valenzuela Elgueta
- Mg. Cecilia Cerda González
- Dr. Daniel Calisaya Azpilcueta
- Dr. Claudio Leiva
- Dr. Jorge Retamales
- Dr. Julio Barrientos
- Dr. Victor Vergara

Universidad Católica del Norte

Universidad Católica del Norte

Universidad Católica del Norte

Universidad Católica del Norte

Universidad de Antofagasta

Universidad de Antofagasta

Universidad de Antofagasta

**ESCONDIDA | BHP**



# CUERPO ACADÉMICO

- ❑ Dr. Claudio Acuña Perez
- ❑ Dr. Luis Ramón Arellano Piña
- ❑ Dr. Mario Corona
- ❑ Marina Vargas
- ❑ Adolfo Fong

USM  
UPIIZ - México  
UASLP  
MAINI – UCN  
Weir Minerals

**ESCONDIDA | BHP**



# INFRAESTRUCTURA A UTILIZAR

- INFRAESTRUCTURA:
  - Laboratorios del MAINI para visitas.
  - Sala de Computación del Departamento de Ingeniería Metalúrgica y Minas.
  - Laboratorios de Molienda del Departamento de Ingeniería Metalúrgica y Minas.
- EQUIPAMIENTO
  - Computadores del Laboratorio de Computación con Software Matlab Instalado.
  - Malla de tamizaje para experiencia de Laboratorio de Molienda.
  - Canchadores de Mandíbula y Rodillo para experiencia de Laboratorio de Molienda.
  - Molino de Bolas para experiencia de Laboratorio de Molienda.
- PLATAFORMA
  - Campus Virtual UCN.

**ESCONDIDA | BHP**



# CRONOGRAMA

## Asignatura 1 Caracterización de Minerales

- Semana 1 a la Semana 3
- Modalidad: Clases teóricas online.
- Experiencia presencial práctica: SI, visita a MAINI para un laboratorio de Muestreo y Análisis DIMM – UCN.

## Asignatura 2 Fundamentos de Conminución

- Semana 3 a la Semana 6
- Modalidad: Clases teóricas online.
- Experiencia presencial práctica: SI, Laboratorio de Circuitos de Molienda DIMM – UCN.

## Asignatura 3 Mantenimiento Mecánica y Eléctrica en Procesos de Molienda

- Semana 7 a la Semana 12
- Modalidad: Clases teóricas online.
- Experiencia presencial práctica: NO, si una posible visita guiada en Escondida BHP.

## Asignatura 4 Automatización y Control en Procesos de Conminución

- Semana 12 a la Semana 15
- Modalidad: Clases teóricas online.
- Experiencia presencial práctica: SI, Laboratorio de Control DIMM – UCN.

## Asignatura 5 Simulación de la Molienda y Análisis

- Semana 16 a la Semana 20
- Modalidad: Clases teóricas online.
- Experiencia presencial práctica: SI, en Laboratorio de Simulación con software (JKSimMet) DIMM – UCN.

## WORKSHOP “Innovación en Procesos de Molienda y Conminución”

- Semana 21
- Modalidad: Seminario Presencial.
- Experiencia práctica: NO.



# ESCONDIDA | BHP

## DIPLOMADO EN MOLIENDA

