

Diploma de Postítulo
Sustentabilidad en Minería
primera versión
2024

Andreina García

Directora Académica
Departamento Ingeniería de Minas
Universidad de Chile

Emilio Castillo

Director Académico Alterno
Departamento Ingeniería de Minas
Universidad de Chile



Introducción

El Departamento Ingeniería de Minas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, ofrece a la comunidad minera el Diploma de Postítulo de Sustentabilidad en Minería.

Este programa responde a un requerimiento actual de la industria minera a nivel nacional e internacional, la cual se ve enfrentada a nuevos desafíos, entre los que se destacan: disponibilidad y calidad de agua, generación y gestión de residuos, interacción entre el medio social y la faena minera, economía circular y variación de precios, necesidad de implementación de una minería integral con una visión geominerometalúrgica y planes de cierre y postcierre, entre otros. Estos factores enmarcan nuevos escenarios en los que resulta indispensable un acercamiento multidisciplinar que permita generar una visión integradora y sustentable de todas estos retos.

Este Diploma está orientado preferentemente a profesionales de la industria minera, consultoría ambiental y funcionarios del Estado, con algunos años de experiencia laboral en materia de Sustentabilidad en Minería, que deseen actualizar y ampliar sus conocimientos en este área. De manera complementaria, pueden también beneficiarse de los conocimientos impartidos en este Diploma Ingenieros/as recién titulados que busquen una formación complementaria, multidisciplinar y con una visión holística de los aspectos ambientales, económicos y sociales más relevantes para la Sustentabilidad en Minería.

El Diploma está enfocado a personas que tengan un título profesional, preferentemente en las áreas de ingeniería de minas, metalurgia, ambiental y civil así como geología, química, química ambiental u otras carreras afines.

Objetivos generales

El principal objetivo de este programa es que cada estudiante adquiera herramientas, conocimientos técnicos y prácticos que les permitan comprender y participar activamente en una minería que tenga en cuenta de manera integrada y sinérgica, todas las dimensiones de la sustentabilidad, desde los factores económicos, ambientales, sociales y de salud ocupacional, necesarios para practicar una minería más responsable.

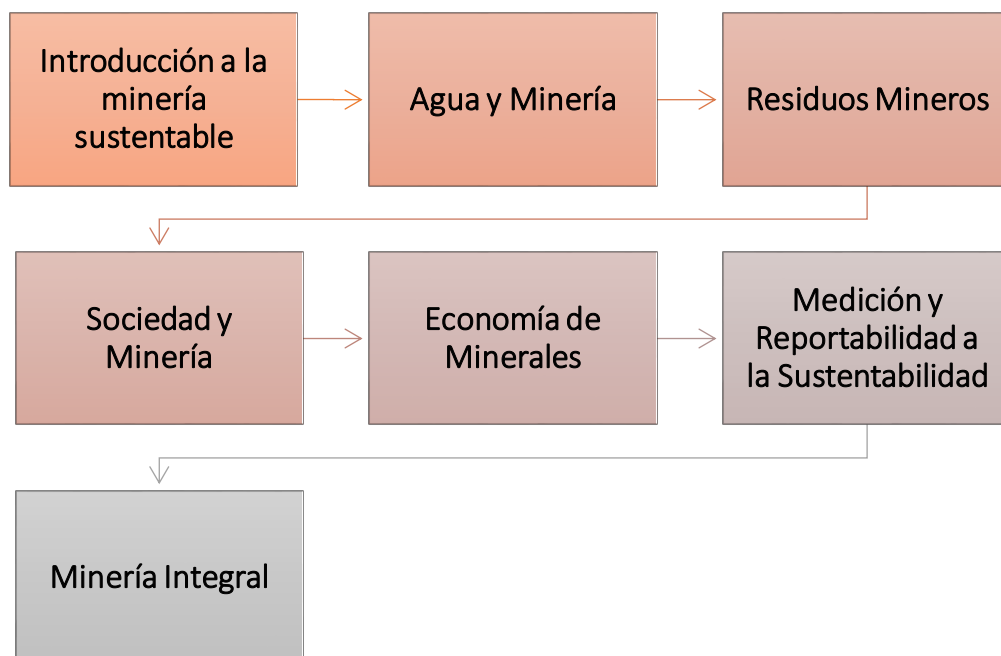
Objetivos específicos

Al finalizar el programa cada estudiante será capaz de:

- ⇒ Entender los conceptos de sustentabilidad y de economía circular aplicado en el marco específico de la extracción y el procesamiento de los recursos minerales.
- ⇒ Identificar los principales indicadores de sustentabilidad y marcos de trazabilidad (vigentes y en desarrollo) para reportar sustentabilidad minera.
- ⇒ Identificar los principales desafíos que enfrenta la industria minera en materia de abastecimiento de agua, energía y valorización de residuos mineros, dentro de una estrategia de sustentabilidad y economía circular.
- ⇒ Reconocer la construcción social de los problemas ambientales de la minería e identificar los principales conflictos socio-ambientales.
- ⇒ Analizar un proyecto minero (análisis de caso) con visión de minería integral, considerando aspectos de sustentabilidad (social, ambiental y económico)

Organización del Programa

El Diploma de Sustentabilidad en Minería se divide en 7 módulos intensivos de cinco días de duración cada uno:



Total de Horas



Se requiere además, que cada estudiantes tenga un manejo adecuado del idioma inglés, de modo que puedan estudiar el material bibliográfico entregado como parte del contenido de este diploma.

A la docencia sincrónica se debe agregar el trabajo personal, en períodos de receso del programa, orientado a preparar cada curso.

Los módulos se desarrollan en una semana al mes, con una duración de 5 días (Lunes a Viernes) cada uno, de modo de facilitar la asistencia de profesionales trabajando en faenas.

Las evaluaciones se realizarán una vez finalizado el curso, por lo que deben considerar, para su desarrollo, los tiempos indicados por cada profesor/a.

Calendario 2024

Curso	Módulo	Fecha
1	Introducción a la Minería Sustentable	22 al 26 de Abril
2	Agua y Minería	27 al 31 de Mayo
3	Residuos Mineros	24 al 28 de Junio
4	Sociedad y Minería	29 de julio al 2 de Agosto
5	Economía Mineral	23 al 27 de Septiembre
6	Medición y Reportabilidad de la Sustentabilidad	21 al 25 de Octubre
7	Minería Integral	25 al 29 de Noviembre

Profesores del Programa

PROFESORES	INSTITUCIÓN ACTUAL	AREA DE ESPECIALIDAD
Dr. Manuel Caraballo	Universidad de Huelva (España)	- Sustentabilidad en Minería - Nanogeociencias - Hidrogeoquímica
Dr. Emilio Castillo	Universidad de Chile FCFM - Ing. Minas	- Economía de Minerales - Política Minera
Dr. Mauricio Folchi	Universidad de Chile FFH - Dept. Cc. Históricas	- Historia Ambiental de la Minería, Energía y Sector Forestal de Chile - Conflictos Ambientales y Política Ambiental de Chile
Dra. Andreina García	Universidad de Chile FCFM	- Ingeniería Química y Ambiental - Tratamientos y Valorización de Efluentes Mineros
Dr. Christian Ihle	Universidad de Chile FCFM	- Reología de Relaves Mineros
LLM, Ximena Insunza	Universidad de Chile Facultad de Derecho	- Derecho Ambiental y Políticas Públicas
MSc. Rodrigo Jiliberto	Universidad de Chile FCFM	- Políticas Públicas en Medio Ambiente y Sustentabilidad - Economía Ambiental
MSc. Miguel Lagos	Universidad de Chile FCFM - AMTC	- Eventos Hidrometeorológicos Extremos - Cambio Climático
Dr. James McPhee	Universidad de Chile FCFM	- Hidrología - Hidroglaciología
Dr. Santiago Montserrat	Universidad de Chile FCFM, AMTC	- Recursos Hídricos y Transporte de Sedimentos
Dr. Charango Munizaga	Universidad de Chile Curtin University	- Economía de Minerales - Economía Circular
Dr. Luis Felipe Orellana	Universidad de Chile FCFM	- Mecánica de Rocas - Fallas Geológicas - Sismicidad Inducida - Excavación de Rocas - Minería, Energía y Cambio Climático
Dr. César Pastén	Universidad de Chile FCFM	- Ingeniería Sísmica - Caracterización Sísmica de Depósitos y Suelos - Estabilidad Física de Relaves
Dr. Brian Townley	Universidad de Chile FCFM	- Geología General - Metalogénesis - Reprocesamiento de Residuos Mineros

Ing. Carolina Vergara	SRK Consulting (Chile)	- Diseño de Pilas de Lixiviación y Botaderos - Modelación Numérica - Dinámica de Suelos - Caracterización y Prospecciones Geotécnicas
Dr. Jorge Valverde	University of Maastricht UNU MERIT, Netherlands.	- Economía Mineral
Dr. Jacques Wiertz	Universidad de Chile FCMF	- Sustentabilidad y Gestión de los Recursos Mineros

Evaluación

Cada uno de los módulos del programa se evaluará por separado y mediante:

- 1) La entrega de informes individuales o grupales sobre los temas discutidos.
- 2) Resolución individual de ejercicios prácticos.
- 3) Asistencia y participación tanto en las clases como en los seminarios de actualización.
 - ⇒ La nota mínima de aprobación es 4.0; escala de 1.0 a 7.0.
 - ⇒ Cada estudiante deberá contar con 85% de asistencia mínima.

Para cursar el Diploma de Postítulo en Sustentabilidad en Minería se considera, que cada participante dedique **exclusividad** a las fechas y horarios de clases, para lograr un buen rendimiento y aprendizaje en cada módulo. En caso contrario si el/la estudiante trabaja simultáneamente durante el desarrollo de clases, será de exclusiva responsabilidad de cada un@ su rendimiento y poder cumplir con la asistencia exigida y las evaluaciones en los tiempos establecidos por cada curso y la Coordinación Académica del Programa. No podrá ser justificación su turno de trabajo para las inasistencias o no rendir las evaluaciones estipuladas.

Requisitos de Admisión y Postulación

El proceso de postulación comienza el 1° de Octubre y el plazo vence el **15 de marzo de 2024**. Los cupos son limitados y se ofrecen por estricto orden de inscripción y cumplimiento de requisitos.

Podrán postular al programa quienes cumplan con los siguientes requisitos:



- ⇒ 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.
- ⇒ Enviar Currículum Vitae resumido.
- ⇒ Fotografía tipo Pasaporte
- ⇒ Formulario de postulación: <https://forms.gle/9NxMBzsFnPrfH7cz6>

Cada postulación será resuelta por la Dirección Académica del Programa, quienes decidirán la aceptación o rechazo a su admisión, según los antecedentes presentados.

Formato de Clases

Las clases se desarrollarán en formato Online - Plataforma ZOOM (streaming).
Las clases serán grabadas y subidas a la plataforma para que sirva de apoyo en caso de necesitar revisar algunos puntos.

Horario

Las clases se desarrollarán de Lunes a viernes de 09:00 a 13:00 y de 14:00 a 18:00 horas (Chile).

Valores y Forma de Pago

El costo del Programa son CLP **4.800.000** (US\$ 5.600 aprox.) y la forma de pago dependerá si es financiado de manera personal o patrocinado por Empresa.

- ⇒ Todo postulante al ser aceptado deberá pagar una inscripción de CLP \$500.000 (600 dólares) para asegurar su cupo en el Programa; este monto está incluido en el total del programa.
- ⇒ El valor del Programa en dólares variará dependiendo el tipo de cambio publicado por la U. de Chile en el momento de facturación (se considera t/c \$ 850). El valor final se ratificará ajustando el valor en caso de variaciones.
- ⇒ En caso de financiamiento personal y/o alumnos y empresas extranjeras, el pago se deberá realizar antes del inicio de cada módulo.

- ⇒ Si es financiado por empresas chilenas: las empresas deberán enviar O-C a más tardar el 30 de marzo, 2024. La empresa patrocinadora, deberá hacer llegar la información respectiva de pago (transferencia bancaria, depósito o vale vista) si es solicitada por la coordinación del programa.
- ⇒ La forma de pago particular es por webpay; antes del inicio de cada módulo y antes del 21 de noviembre debe estar pagado completamente el programa.

Certificado

A la aprobación de todos los requisitos del programa, el estudiante recibirá un ***Diploma de Postítulo en Sustentabilidad en Minería***, emitido por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Sede

Universidad de Chile
Ingeniería de Minas
Beauchef 850 Santiago Centro
Chile

Contacto

Verónica Möller - Ingrid Thiele
diploma@minas.uchile.cl
www.minas.uchile.cl

Nota:

- Los organizadores se reservan el derecho a cancelar el Diploma, si los inscritos no se ajustan a un número mínimo necesario y/o por motivos de fuerza mayor.

Anexo

Programa Académico

Diploma

Sustentabilidad en Minería



CURSO: INTRODUCCIÓN A LA MINERÍA SUSTENTABLE

Profesores: Jacques Wiertz, Andreina García, Luis Felipe Orellana, Brian Townley

OBJETIVOS

El propósito es que cada estudiante conozca los conceptos de desarrollo y de minería sustentable y analizar, discutir la paradoja y contradicción que existe entre recursos no renovables y sustentabilidad. Además, analizarán la importancia de los recursos minerales en la transición hacia una economía baja en carbono y más sustentable e identificarán los principales desafíos que enfrenta la industria minera en el camino hacia una mayor sustentabilidad ambiental y social.

CONTENIDOS

- ⇒ Yacimientos minerales como inicio del ciclo geominerometalúrgico y origen de riqueza y residuos
- ⇒ Desarrollo sustentable y economía circular
- ⇒ Características de la minería: necesaria, temporal, intensiva
- ⇒ Concepto de ecosistema y afectación de grandes cuencas mineras por faenas mineras
- ⇒ Recursos no renovables y sustentabilidad
- ⇒ Recursos minerales para una economía baja en carbono y más sustentable
- ⇒ Minería y cambio climático
- ⇒ Desafíos para una minería ambientalmente y socialmente más sustentable
- ⇒ Sustentabilidad minera en el ciclo minero (LOM)
- ⇒ Diseño para el medio ambiente - Diseño para el cierre
- ⇒ Marco regulatorio ambiental y estándares nacionales e internacionales

METODOLOGÍA DE TRABAJO

- ⇒ Clases expositivas sincrónicas, retroalimentación constante que confirme los contenidos del curso y discusión de los temas en grupos de trabajo.
- ⇒ Lecturas de actualidad sobre los contenidos y trabajos de análisis crítico sobre los desafíos y las problemáticas actuales de la sustentabilidad en minería.
- ⇒ Ejercicios grupales de resolución de problemas/casos de estudio en las temáticas específicas mostradas en el curso, (e.g., Taller de ideas sobre diseño de un proyecto minero orientado a la minimización de los impactos y al cierre sustentable).
- ⇒ Resolución individual de ejercicios prácticos (e.g., Cálculo de la huella ambiental de un proyecto minero)
- ⇒ Asistencia y participación en los seminarios de actualidad.

CURSO: AGUA Y MINERÍA

Profesores: Andreina García, Manuel Caraballo, James McPhee, Santiago Montserrat, Miguel Lagos.

OBJETIVOS

El propósito es que cada estudiante conozca las necesidades de agua de un proyecto minero y las principales fuentes de abastecimiento actual y de proyección futura. Así, cada participante conocerá sobre procesos hidrológicos e hidroquímicos con incidencia sobre la disponibilidad y la calidad de agua, la generación y transporte de contaminantes y el cambio climático, analizando el posible impacto de la actividad minera sobre estos procesos. Además, aprenderán las posibles soluciones tecnológicas para el re-uso y tratamiento de efluentes mineros y las consideraciones para su implementación. Finalmente, conocerán la legislación chilena de calidad y uso de aguas a la que debe corresponder el sector minero.

CONTENIDOS

- ⇒ Consumo de agua en Minería
- ⇒ Conceptos básicos de hidrología
- ⇒ Glaciares e hidrología de alta montaña
- ⇒ Cambio climático y cambio hidrológico
- ⇒ Riesgo hidrológico
- ⇒ Conceptos básicos de hidroquímica
- ⇒ Introducción a la modelización hidroquímica
- ⇒ Drenaje ácido de minas
- ⇒ Sistemas pasivos y activos de tratamiento de aguas de minas
- ⇒ Legislación chilena de calidad y uso de aguas
- ⇒ Seminarios de actualidad en hidrogeología de zonas mineras, contaminación y tratamiento de aguas de minas

METODOLOGÍA DE TRABAJO

- ⇒ Clases expositivas sincrónicas, retroalimentación constante que confirme los contenidos del curso y discusión de los temas en grupos de trabajo.
- ⇒ Lecturas de actualidad sobre los contenidos y trabajos de análisis crítico sobre las distintas áreas que confluyen en el estudio del agua en minería.
- ⇒ Ejercicios grupales de resolución de problemas/casos de estudio en las temáticas específicas mostradas en el curso.
- ⇒ Resolución individual de ejercicios prácticos.
- ⇒ Uso de software modelización hidroquímica (Phreeqc) para análisis y simulaciones.
- ⇒ Asistencia y participación en los seminarios de actualidad.

CURSO: RESIDUOS MINEROS

Profesores: Manuel A. Caraballo, César Pastén, Carolina Vergara, Brian Townley, Jacques Wiertz, Christian Ihle.

OBJETIVOS

El propósito es que cada estudiante aprenda los conocimientos y conceptos fundamentales para entender las principales características químicas, físicas, mineralógicas y ambientales que definen a los principales residuos mineros, con especial énfasis en relaves y botaderos. Este conocimiento permitirá una comprensión más detallada de los procesos involucrados en la estabilidad química y física de los relaves mineros. Conocerán las diversas vías de revalorización y reúso de residuos mineros dentro de una estrategia de economía circular. Todo ello permitirá poder participar de manera activa y especializada en la gestión de residuos mineros y en el diseño de planes de cierre y post cierre de faenas mineras.

CONTENIDOS

- ⇒ Identificación de los principales residuos minerales en minería
- ⇒ Nociones básicas de caracterización química, mineralógica y ambiental de residuos minerales en minería
- ⇒ Buenas prácticas para el muestreo y monitoreo de residuos minerales en minería
- ⇒ Introducción a la hidrogeoquímica de residuos minerales mineros (botaderos y relaves)
- ⇒ Nociones básicas sobre estabilidad física de relaves y botaderos
- ⇒ Revalorización y reúso de residuos minerales mineros dentro de una estrategia de economía circular
- ⇒ Cierre y post-cierre de faenas mineras: legislación aplicable, medidas para la estabilidad química y física de los residuos minerales mineros así como para el monitoreo y control de dichas estabildades
- ⇒ Seminarios de actualidad en botaderos y relaves, economía circular y cierre y post-cierre de faenas mineras

METODOLOGÍA DE TRABAJO

- ⇒ Clases expositivas sincrónicas, retroalimentación constante que confirme los contenidos del curso y discusión de los temas en grupos de trabajo
- ⇒ Lecturas de actualidad sobre los contenidos y trabajos de análisis crítico sobre las distintas áreas que confluyen en el estudio del agua en minería
- ⇒ Ejercicios grupales de resolución de problemas/casos de estudio en las temáticas específicas mostradas en el curso
- ⇒ Resolución individual de ejercicios prácticos
- ⇒ Asistencia y participación en los seminarios de actualidad

CURSO: SOCIEDAD Y MINERÍA

Profesor: Mauricio Folchi, Ximena Insunza, Rodrigo Jiliberto

OBJETIVOS

El propósito es que cada estudiante sea capaz de analizar los problemas ambientales de la minería desde el punto de vista social, comprender cómo las personas y comunidades se ven afectadas por las faenas mineras y cuáles son las demandas que éstas plantean al poder político y a las empresas en materia ambiental.

CONTENIDOS

- ⇒ Introducción: minería, medio ambiente y sociedad
- ⇒ Marco normativo de la actividad minera en Chile
- ⇒ Evaluación del desempeño ambiental de la minería en Chile
- ⇒ Gestión del riesgo en la actividad minera
- ⇒ Comunidad, paisaje y patrimonio minero
- ⇒ Responsabilidad social y relacionamiento comunitario en minería.
- ⇒ La construcción social de los problemas ambientales de la minería
- ⇒ Conflictos ambientales por actividades mineras.
- ⇒ Movimientos sociales “anti-mineros” en América Latina
- ⇒ Minería y sustentabilidad: desafíos y posibilidades

METODOLOGÍA DE TRABAJO

- ⇒ Clases expositivas sincrónicas, retroalimentación constante que confirme los contenidos del curso y discusión de los temas en grupos de trabajo.
- ⇒ Lecturas de actualidad sobre los contenidos y trabajos de análisis crítico sobre las distintas áreas que confluyen en el estudio de los aspectos sociales de la minería.
- ⇒ Ejercicios grupales de análisis de casos de estudio en las temáticas específicas mostradas en el curso.



CURSO: ECONOMÍA DE MINERALES

Profesor: Emilio Castillo, Charango Munizaga, Jorge Valverde

OBJETIVOS

El propósito es que cada estudiante sea capaz de comprender los fundamentos de los mercados de minerales y su relación con el desarrollo sustentable. En este sentido, cada participante realizará un análisis crítico sobre los minerales en la sociedad moderna, las características que hacen especiales a los minerales y como distintos elementos de los mercados ponen en riesgo el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sustentable.

Se espera que cada estudiante reconozca los aportes al desarrollo económico que involucran a los recursos minerales, que analicen críticamente las posturas de cómo contribuye la actividad minera y que se debatan los desafíos que se presentan en las políticas públicas.

CONTENIDOS

- ⇒ Minería, economía y desarrollo sustentable
- ⇒ Demanda de minerales
- ⇒ Oferta de minerales
- ⇒ Renta económica y competitividad en minería
- ⇒ Fallas de mercado e instrumentos en recursos naturales
- ⇒ Minerales y desarrollo económico
- ⇒ Miradas sobre agotamiento, escasez y políticas mineras
- ⇒ Valorización de bienes ambientales y economía verde

METODOLOGÍA DE TRABAJO

- ⇒ Clases expositivas sincrónicas, retroalimentación constante que confirme los contenidos del curso y discusión de los temas en grupos de trabajo.
- ⇒ Lecturas de actualidad sobre los contenidos y trabajos de análisis crítico sobre las distintas posturas que confluyen sobre el desarrollo económico.
- ⇒ Charlas magistrales sobre temáticas atinentes a la sustentabilidad económica.
- ⇒ Ejercicios prácticos sobre contenidos del curso
- ⇒ Uso de software estadístico para análisis y simulaciones



CURSO: MEDICIÓN Y REPORTABILIDAD DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA INDUSTRIA MINERA

Profesores: Jacques Wiertz, Emilio Castillo

OBJETIVOS

El propósito es que cada estudiante conocerá los principales indicadores actualmente en uso en la industria minera para medir y reportar la sustentabilidad económica, ambiental y social. Analizará cómo preparar un reporte de sustentabilidad bajo estándar GRI (Global Report Initiative) así también bajo el marco de reportabilidad del ICMM. Finalmente, se revisarán los diferentes marcos de trazabilidad y certificación actualmente en uso o en proceso de implementación en la industria minera.

CONTENIDOS

- ⇒ Medir la sustentabilidad en proyecto minero - Marco general
- ⇒ Huella hídrica
- ⇒ Huella de carbono
- ⇒ Indicadores de sustentabilidad
- ⇒ Reporte de sustentabilidad
- ⇒ Estándar de Reportabilidad del Global Report Initiative
- ⇒ Marco de Reportabilidad del ICMM
- ⇒ Trazabilidad de los productos mineros
- ⇒ Certificación

METODOLOGÍA DE TRABAJO

- ⇒ Clases expositivas sincrónicas, retroalimentación constante que confirme los contenidos del curso y discusión de los temas en grupos de trabajo.
- ⇒ Análisis crítico y comparativo de los diferentes marcos de reportabilidad de la sustentabilidad.
- ⇒ Ejercicios grupales de resolución de problemas/casos de estudio en las temáticas específicas mostradas en el curso, (e.g., Taller de preparación de un reporte de sustentabilidad).
- ⇒ Resolución individual de ejercicios prácticos (e.g., cálculo de huella hídrica y de huella de carbono de un proyecto minero)
- ⇒ Asistencia y participación en los seminarios de actualidad.



CURSO: MINERÍA INTEGRAL

Profesores: Brian Townley, Jacques Wiertz, Andreina García, Manuel Caraballo, Luis Felipe Orellana, Emilio Castillo

OBJETIVOS

El propósito es que cada estudiante sea capaz de integrar todo lo aprendido en los cursos anteriores para investigar en detalle un caso de estudio realista y generar una propuesta que permita desarrollar una minería lo más sustentable posible dentro de las limitaciones implícitas a dicho caso real. Además, cada participante tendrá la posibilidad de trabajar un caso de estudio ideal, que les permitirá implementar una estrategia de sustentabilidad ajustada a la realidad, pero con mayor margen para incluir medidas innovadoras y disruptivas. Así podrá ejercitar su papel como actores del cambio para una minería Sustentable tanto en las condiciones actuales como en las que podrían generarse en un futuro cercano.

CONTENIDOS

- ⇒ Revisión y reformulación de un caso de estudio real considerando el acercamiento multidisciplinar y holístico entregado en el diploma (i.e., medioambiente, sociedad y economía)
- ⇒ Talleres de Minería Sustentable donde se presentarán y discutirán estrategias innovadoras y disruptivas para la consecución de una Minería Sustentable

TRABAJOS PRÁCTICOS

- ⇒ Los alumnos serán divididos en grupos de 4-5 integrantes para la realización de una propuesta de sustentabilidad para un caso de estudio real y representativo de la industria minera mundial. El trabajo se iniciará con la apertura del diploma, se realizará en paralelo a la impartición de los cursos 1 al 6 y finalizará en el módulo 7.
- ⇒ Presentación y defensa grupal de la propuesta de sustentabilidad del caso de estudio asignado ante un comité formado por los/las coordinadores/as de los cursos del diploma.
- ⇒ Entrega de Reporte Final de la propuesta de Sustentabilidad del caso real asignado.
- ⇒ Participación individual activa en los talleres de minería sustentable, donde se generarán instancias de debate y discusión sobre las estrategias más innovadoras y disruptivas disponibles en la actualidad para el fomento de una Minería Sustentable.

Diploma de Postítulo
Sustentabilidad en Minería
Primera Versión

2024

