

Planificación Estratégica y Operativa de Minas

Superficiales: Proyecto Integral para Ingenieros de Minas

Ingeniería | Ingeniería de Minas | Aprendizaje Basado en Proyectos

Descripción

Este plan de clase está diseñado para que los estudiantes universitarios de Ingeniería de Minas desarrollen competencias prácticas y teóricas en la planificación de minas superficiales mediante la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Durante seis sesiones intensivas, los estudiantes abordarán un proyecto realista que involucra la planificación integral de una mina superficial, desde la evaluación inicial hasta el diseño operativo y la gestión ambiental. El propósito es que comprendan los procesos técnicos, económicos y ambientales involucrados, desarrollen habilidades para la toma de decisiones y trabajen colaborativamente para resolver problemas reales de la industria minera.

Este aprendizaje es relevante porque la minería superficial es una actividad clave en la industria extractiva que demanda precisión en el diseño para maximizar recursos y minimizar impactos ambientales. Los estudiantes aplicarán conceptos de geología, ingeniería, economía y gestión ambiental, conectando el conocimiento académico con la práctica profesional. Al concluir el plan, podrán diseñar propuestas integrales que respondan a desafíos actuales del sector minero, lo que potenciará su inserción laboral y su capacidad de innovación.

Objetivos de Aprendizaje

- Analizar las etapas fundamentales en la planificación de minas superficiales para identificar sus componentes y requerimientos técnicos.
- Diseñar un plan operativo detallado para una mina superficial que contemple aspectos técnicos, económicos y ambientales.
- Evaluar diferentes alternativas de diseño minero mediante criterios de eficiencia y sustentabilidad.
- Crear productos de planificación colaborativos que integren estudios geotécnicos, balances de materiales y gestión ambiental.
- Argumentar decisiones técnicas y estratégicas frente a retos reales de la planificación minera superficial.

Recursos Necesarios

- Computadoras con software de modelado y diseño minero (p.ej. Surpac, Whittle, o QGIS).
- Proyector y pantalla para presentaciones.
- Material impreso con datos geológicos y topográficos de un yacimiento simulado.
- Calculadoras científicas y hojas de cálculo (Excel).

- Acceso a internet para investigación complementaria.
- Plantillas para elaboración de planes operativos y reportes técnicos.
- Materiales para presentación: rotafolios, marcadores, y notas adhesivas.
- Videos cortos sobre minería superficial y casos de estudio reales (10-15 minutos).

Requisitos Previos

- Conocimientos básicos de geología y mineralogía.
- Fundamentos de mecánica de suelos y geotecnia.
- Conceptos introductorios de minería y explotación minera.
- Manejo básico de herramientas digitales para diseño y cálculo.
- Experiencia previa en trabajo colaborativo y metodología de proyectos.

Actividades

Sesión 1: Introducción y Diagnóstico Inicial en Planificación de Minas Superficiales

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 25 minutos

Propósito de la sesión: Presentar el proyecto integral, activar conocimientos previos y motivar el interés en la planificación minera.

Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** Expone un breve caso real de una mina superficial exitosa, mostrando imágenes y datos clave.
- **Estudiantes:** Responden a la pregunta detonadora: "*¿Cuáles creen que son los principales factores que se deben considerar para planificar una mina superficial?*" Se anotan ideas en un rotafolio.

Motivación y enganche:

- **Docente:** Presenta un dato impactante: "El 85% de los costos en minería superficial ocurren durante la fase de planeación y operación inicial".
- **Estudiantes:** Debaten brevemente en parejas por qué una buena planificación puede afectar los resultados económicos y ambientales.

Contextualización:

- **Docente:** Conecta el tema con la futura carrera profesional y retos globales, como la demanda creciente de minerales y la necesidad de minimizar impactos ambientales.
- **Estudiantes:** Reflexionan en voz alta cómo la planificación minera puede impactar sus comunidades y el entorno.

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 85 minutos

Presentación del contenido:

- **Docente:** Introduce brevemente las etapas de planificación minera superficial usando un esquema visual, enfatizando la importancia de cada fase.

Actividades de aprendizaje activo:

• **Actividad 1: Análisis de un caso de estudio**

- **Objetivo:** Analizar etapas y componentes clave en la planificación minera.
- **Instrucciones:** En grupos de 4, los estudiantes reciben un resumen de un caso real con datos geológicos y de costos. Deben identificar y listar las fases de planificación aplicadas y discutir sus criterios.
- **Producto:** Mapa conceptual en rotafolio con etapas y criterios.
- **Tiempo:** 40 minutos
- **Rol docente:** Facilita la discusión, formula preguntas guía como “¿Qué riesgos identifican en cada etapa?” y verifica comprensión.

• **Actividad 2: Simulación rápida de toma de decisiones**

- **Objetivo:** Argumentar decisiones iniciales en planificación minera.
- **Instrucciones:** Cada grupo recibe tres opciones de diseño preliminar para la mina con distintas características. Deben seleccionar una opción justificando su elección técnica y económica.
- **Producto:** Breve presentación oral y justificación escrita.
- **Tiempo:** 45 minutos
- **Rol docente:** Observa, fomenta debate interno y plantea preguntas para profundizar análisis.

Diferenciación: Estudiantes avanzados pueden investigar alternativas tecnológicas para optimizar la planificación. Quienes requieran apoyo pueden recibir resúmenes simplificados y apoyo en la elaboración del mapa conceptual.

Transición: El docente conecta la selección de diseño con la necesidad de un plan operativo detallado, anticipando la próxima sesión.

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 10 minutos

Síntesis: Cada grupo comparte una idea clave aprendida mediante un “ticket de salida” escrito.

Reflexión metacognitiva:

- ¿Qué etapa de la planificación minera me pareció más desafiante y por qué?
- ¿Cómo puedo aplicar lo aprendido hoy en futuros proyectos o prácticas profesionales?

Retroalimentación: El docente comenta brevemente los puntos fuertes y áreas de mejora observadas.

Transferencia: Se explica que en la siguiente sesión se abordarán herramientas digitales para modelar y planificar minas.

Sesión 2: Herramientas Digitales y Modelado para la Planificación Minera

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 15 minutos

Propósito: Conectar la sesión anterior con el uso de software de diseño minero.

- **Docente:** Muestra un video corto (8 min) sobre uso de Surpac en minería superficial.
- **Estudiantes:** Anotan preguntas y observaciones.
- **Docente:** Pregunta: “¿Qué ventajas creen que aporta el modelado digital en la planificación?”

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 95 minutos

• Actividad 1: Exploración guiada del software

- **Objetivo:** Familiarizarse con herramientas básicas de modelado y visualización.
- **Instrucciones:** En grupos, los estudiantes siguen un tutorial paso a paso para importar datos geológicos y crear un modelo inicial de la mina.
- **Producto:** Modelo digital preliminar en el software.
- **Tiempo:** 50 minutos
- **Rol docente:** Asiste en dudas técnicas, promueve exploración autónoma y resuelve problemas.

• Actividad 2: Análisis del modelo para planificar fases de explotación

- **Objetivo:** Aplicar criterios técnicos para definir fases de extracción.
- **Instrucciones:** Los grupos proponen un plan de fases basándose en el modelo generado, considerando accesos, bancos y volúmenes.
- **Producto:** Cronograma preliminar y mapa de fases en el software.
- **Tiempo:** 45 minutos
- **Rol docente:** Facilita discusión, plantea escenarios alternativos y evalúa coherencia técnica.

Diferenciación: Estudiantes con mayor dominio pueden trabajar en análisis de sensibilidad. Para quienes tengan dificultades, se ofrecen guías y ejemplos visuales adicionales.

Transición: Se conecta la planificación digital con la estimación económica que se abordará en la próxima sesión.

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 10 minutos

Síntesis: Elaboración de un cuadro resumen grupal sobre ventajas y desafíos del modelado digital.

Reflexión metacognitiva:

- ¿Qué habilidades digitales desarrollé hoy?
- ¿Cómo mejora el modelado la toma de decisiones en minería?

Retroalimentación: Comentarios orales y escritos del docente sobre el desempeño en el uso del software.

Transferencia: Se anticipa que la próxima sesión profundizará en análisis económico y balances.

Sesión 3: Análisis Económico y Balance de Materiales en Minas Superficiales

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 10 minutos

- **Docente:** Presenta un gráfico de costos asociados a diferentes fases mineras.
- **Estudiantes:** Responden: “¿Qué factores impactan mayormente en la rentabilidad de una mina superficial?”

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 100 minutos

- **Actividad 1: Cálculo de balances de materiales**
 - **Objetivo:** Aplicar cálculos para determinar volúmenes y tasas de extracción.
 - **Instrucciones:** En grupos, utilizan datos del modelo para calcular balances de materiales y determinar la rentabilidad potencial.
 - **Producto:** Informe con tablas y gráficos de balances.
 - **Tiempo:** 60 minutos
 - **Rol docente:** Supervisa cálculos, corrige errores y fomenta discusión de resultados.
- **Actividad 2: Evaluación económica preliminar**
 - **Objetivo:** Evaluar alternativas mediante indicadores económicos.
 - **Instrucciones:** Los grupos calculan indicadores como VAN y TIR para distintas fases y presentan recomendaciones.
 - **Producto:** Presentación oral con justificación económica.
 - **Tiempo:** 40 minutos
 - **Rol docente:** Facilita la interpretación de indicadores y promueve argumentación técnica.

Diferenciación: Se ofrecen hojas de cálculo preformateadas para quienes necesiten apoyo. Estudiantes avanzados pueden realizar simulaciones con distintos escenarios de precios.

Transición: Se vincula el análisis económico con la gestión ambiental y permisos que se tratarán en la próxima sesión.

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 10 minutos

Síntesis: Creación colectiva de un diagrama que integre aspectos técnicos y económicos.

Reflexión metacognitiva:

- ¿Cómo influyen los costos y beneficios en la planificación minera?
- ¿Qué aprendí sobre la importancia de los balances de materiales?

Retroalimentación: Comentarios grupales y sugerencias individuales del docente.

Transferencia: Preparación para incorporar factores ambientales en la planificación.

Sesión 4: Gestión Ambiental y Normativas en Minas Superficiales

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 15 minutos

- **Docente:** Presenta breve resumen de normativas ambientales vigentes y su importancia.
- **Estudiantes:** Analizan un caso donde una mina tuvo sanciones por incumplimiento ambiental.

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 90 minutos

- **Actividad 1: Identificación de impactos ambientales**
 - **Objetivo:** Reconocer impactos y proponer medidas mitigadoras.
 - **Instrucciones:** En grupos, listan posibles impactos de la mina planificada y diseñan un plan de manejo ambiental.
 - **Producto:** Documento con matriz de impactos y estrategias.
 - **Tiempo:** 50 minutos
 - **Rol docente:** Asesora en normativas y fomenta enfoque crítico.
- **Actividad 2: Presentación y discusión de planes ambientales**
 - **Objetivo:** Argumentar la importancia del manejo ambiental en la planificación.
 - **Instrucciones:** Cada grupo expone su plan y recibe retroalimentación del resto.
 - **Producto:** Presentación grupal y debate.
 - **Tiempo:** 40 minutos
 - **Rol docente:** Modera debate y evalúa argumentación.

Diferenciación: Material complementario sobre normativas para consulta. Apoyo en redacción para estudiantes con dificultades.

Transición: Se anticipa la integración de todos los elementos en un plan de explotación completo.

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 15 minutos

Síntesis: Elaboración de un mapa mental colectivo sobre gestión ambiental en minería superficial.

Reflexión metacognitiva:

- ¿Qué retos ambientales identifiqué que afectan la planificación?
- ¿Cómo puedo contribuir a una minería más sostenible?

Retroalimentación: Comentarios escritos y verbales del docente.

Transferencia: Preparación para integrar todo en un proyecto final multidisciplinario.

Sesión 5: Integración y Elaboración del Plan Integral de Mina Superficial

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 10 minutos

- **Docente:** Recapitulación rápida de sesiones anteriores con énfasis en integración.
- **Estudiantes:** Expresan expectativas para la elaboración del plan integral.

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 105 minutos

- **Actividad única: Desarrollo colaborativo del plan integral**
 - **Objetivo:** Crear un plan operativo completo que integre aspectos técnicos, económicos y ambientales.
 - **Instrucciones:**
 - En grupos, integran todos los productos previos en un documento coherente.
 - Asignan roles: líder técnico, analista económico, responsable ambiental, y coordinador de presentación.
 - Preparan un reporte escrito y una presentación de 10 minutos.
 - **Producto:** Plan integral completo y presentación grupal.
 - **Tiempo:** 105 minutos (trabajo colaborativo en clase).
 - **Rol docente:** Supervisión cercana, retroalimentación inmediata, apoyo en integración y resolución de conflictos.

Diferenciación: Apoyo con plantillas para grupos con dificultades; estudiantes avanzados pueden incorporar análisis adicionales o propuestas innovadoras.

Transición: Preparación para la presentación final y evaluación en la siguiente sesión.

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 5 minutos

Síntesis: Reflexión rápida grupal sobre desafíos y aprendizajes durante la integración.

Reflexión metacognitiva:

- ¿Qué aspectos integré con mayor facilidad? ¿Cuáles fueron más complejos?
- ¿Cómo mejoró mi trabajo en equipo durante el proyecto?

Retroalimentación: Comentarios breves y motivadores del docente.

Transferencia: Anticipo de la sesión de presentación y evaluación.

Sesión 6: Presentación, Evaluación y Retroalimentación del Proyecto Integral

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 10 minutos

- **Docente:** Explica criterios de evaluación y estructura de la sesión.
- **Estudiantes:** Se preparan mentalmente para exponer y evaluar a pares.

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 95 minutos

- **Actividad: Presentación grupal y coevaluación**
 - **Objetivo:** Comunicar efectivamente el plan integral y recibir retroalimentación.
 - **Instrucciones:**
 - Cada grupo expone su proyecto en 10 minutos.
 - Los demás grupos completan una rúbrica de evaluación y brindan comentarios.
 - **Producto:** Presentación oral y rúbricas de coevaluación.
 - **Tiempo:** 90 minutos (6 grupos aprox.)
 - **Rol docente:** Evalúa usando rúbrica, modera comentarios y asegura ambiente respetuoso.

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 15 minutos

Síntesis: Resumen colectivo de aprendizajes clave mediante lluvia de ideas en pizarra.

Reflexión metacognitiva:

- ¿En qué medida cumplimos los objetivos del proyecto?
- ¿Qué habilidades desarrollé durante el curso?
- ¿Qué aspectos mejoraré en futuros proyectos?

Retroalimentación: Comentarios finales del docente con recomendaciones personalizadas y generales.

Transferencia: Invitación a aplicar los conocimientos en prácticas profesionales o investigaciones futuras.

Tarea o reto: Elaborar un breve ensayo reflexivo sobre la experiencia del proyecto y su relevancia profesional (entrega digital en 3 días).

Evaluación

Tipo de evaluación:

- **Diagnóstica:** Sesión 1, fase de inicio - evaluación de conocimientos previos mediante análisis de caso y preguntas detonadoras.
- **Formativa:** Durante todas las sesiones en actividades prácticas y desarrollo del proyecto, con retroalimentación continua.

- **Sumativa:** Sesión 6, presentación final y coevaluación con rúbrica; entrega del plan integral y ensayo reflexivo.

Criterios de evaluación:

- Capacidad para analizar y distinguir etapas clave en la planificación minera (Objetivo 1).
- Calidad y coherencia técnica del diseño del plan operativo (Objetivo 2).
- Razonamiento crítico en la evaluación de alternativas y uso de indicadores económicos (Objetivo 3).
- Integración efectiva de aspectos técnicos, económicos y ambientales en productos colaborativos (Objetivo 4).
- Claridad y fundamentación en la argumentación de decisiones técnicas (Objetivo 5).

Instrumentos sugeridos:

- Rúbrica detallada para presentación y plan integral.
- Lista de cotejo para seguimiento de actividades grupales.
- Observación directa y toma de notas durante el trabajo en clase.
- Autoevaluación y coevaluación con formatos estructurados.
- Portafolio digital con evidencias de trabajos y productos entregados.

Evidencias de aprendizaje:

- Mapas conceptuales y cronogramas de planificación.
- Modelos digitales y balances de materiales.
- Reportes técnicos con análisis económico y ambiental.
- Presentaciones orales argumentadas y ensayos reflexivos.

Enriquecimientos

Desarrollo - Ejemplos

Ejemplos Prácticos y Casos de Estudio para Planificación de Minas Superficiales

Para un curso de seis sesiones de dos horas cada una en Ingeniería de Minas, con enfoque en Planificación Estratégica y Operativa de Minas Superficiales, y utilizando la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), se proponen los siguientes ejemplos prácticos y casos de estudio. Estos están diseñados para desarrollar competencias específicas relacionadas con la planificación, diseño, análisis económico y operativo de minas superficiales.

Sesión 1: Introducción y Diagnóstico Inicial del Proyecto Minero

- **Ejercicio práctico:** Análisis de un yacimiento mineral ficticio con datos geológicos básicos (ubicación, tipo de mineral, reservas estimadas, leyes de mineral). Los estudiantes deberán identificar los factores clave para la planificación de la mina superficial.
- **Objetivo:** Comprender la importancia del diagnóstico inicial para la planificación estratégica.

- **Actividad ABP:** Formar grupos para que diseñen un informe diagnóstico preliminar que incluya análisis del recurso, entorno geográfico y posibles limitaciones ambientales.

Sesión 2: Diseño de la Mina y Planificación de Cortas

- **Caso de estudio:** Diseño conceptual de corta para una mina de cobre a cielo abierto. Se proporcionan planos topográficos y datos técnicos (ángulos de talud, bench heights, ancho de bermas).
- **Ejercicio práctico:** Calcular volumen de material a remover, proporción mena/esteril, y definir fases de explotación.
- **Actividad ABP:** En equipos, crear un plan de corta inicial, incluyendo cronograma y recursos necesarios para la primera fase.

Sesión 3: Evaluación Económica y Viabilidad del Proyecto

- **Ejercicio práctico:** Simulación de costos operativos y análisis de rentabilidad con variables como precio del mineral, costos de extracción, y tasas de recuperación.
- **Caso de estudio:** Análisis de sensibilidad ante cambios en precio del mercado y costos operativos.
- **Actividad ABP:** Los estudiantes ajustan su plan de corta y cronograma para maximizar el valor presente neto (VPN) del proyecto.

Sesión 4: Planificación de Infraestructura y Logística

- **Ejercicio práctico:** Diseño básico de rutas de acceso, ubicación de pilas de esteril, áreas de almacenamiento y plantas de procesamiento.
- **Ejemplo realista:** Caso simulado de limitaciones topográficas y ambientales que afectan la ubicación de infraestructura.
- **Actividad ABP:** Elaborar un plan logístico que minimice costos y tiempos, considerando restricciones ambientales y de seguridad.

Sesión 5: Gestión Ambiental y Seguridad en el Proyecto Minero

- **Ejercicio práctico:** Identificación y evaluación de impactos ambientales potenciales y diseño de medidas mitigadoras.
- **Caso de estudio:** Análisis de un problema ambiental real de una mina superficial y propuesta de mejora en la planificación para reducir riesgos.
- **Actividad ABP:** Incorporar un plan de gestión ambiental y seguridad al proyecto integral de planificación.

Sesión 6: Presentación y Evaluación Integral del Proyecto de Planificación

- **Actividad final:** Cada grupo presenta su proyecto integral que incluya diagnóstico, diseño de corta, análisis económico, infraestructura, logística, y gestión ambiental.

- **Ejercicio de reflexión:** Debate sobre los retos encontrados durante el desarrollo del proyecto y posibles soluciones.
- **Evaluación formativa:** Retroalimentación entre pares y del docente sobre la calidad técnica y viabilidad del proyecto.

Notas para el Docente

- Proveer datos técnicos y mapas simples pero realistas para cada ejercicio.
- Fomentar el trabajo colaborativo y la discusión crítica entre estudiantes.
- Utilizar software básico de diseño minero o herramientas digitales accesibles para facilitar los cálculos y diseños.
- Evaluar tanto el proceso como el producto final, enfatizando la integración de conocimientos en un proyecto coherente.