

Guía de Trabajo

Taller de Proyectos en Ingeniería de Minas 2

Javier Carlos Córdova Blancas



Guía de Trabajo *Taller de Proyectos en Ingeniería de Minas 2*
Javier Carlos Córdova Blancas

Código: ASUC01587
Plan de Estudios 2018
Material publicado con fines de estudio

Huancayo, 2023

De esta edición

© Universidad Continental, Oficina de Gestión Curricular
Av. San Carlos 1795, Huancayo-Perú
Teléfono: (51 64) 481-430 anexo 7361
Correo electrónico: recursosucvirtual@continental.edu.pe
<http://www.continental.edu.pe/>

Corrección de textos
Roy Vega Jácome

Diseño y diagramación
Edson Quilca Romero

Cuidado de edición
Fondo Editorial y Gestión Curricular

Todos los derechos reservados.

La *Guía de Trabajo*, recurso educativo editado por la Oficina de Gestión Curricular, puede ser impresa para fines de estudio.

Contenido

Presentación	5
Primera Unidad	
Consideraciones generales para el desarrollo de un proyecto minero: cambio del sistema de explotación convencional a mecanizado	7
Semanas 1 a 4: Sesiones 1 a 4	
Taller de resolución de casos	8
Segunda Unidad	
Programa de inversión operativa y el plan de producción	11
Semanas 5 a 8: Sesiones 5 a 8	
Taller de resolución de casos	12
Tercera Unidad	
Desarrollo del plan de producción de concentrados en el flujo de ingresos y el margen operativo	15
Semanas 9 a 12: Sesiones 9 a 12	
Taller de resolución de casos	16
Cuarta Unidad	
Evaluación económica y financiera: cambio de sistema de explotación convencional a explotación mecanizada	19
Semanas 13 a 16: Sesiones 13 a 16	
Taller de resolución de casos	20
Referencias	22

Presentación

En la asignatura de Taller de Proyectos en Ingeniería de Minas 2, el estudiante aplicará diferentes herramientas de la gestión minera subterránea para el desarrollo de proyectos *brownfield*, durante dieciséis semanas.

Asimismo, usará diversas temáticas en el desarrollo de un proyecto *brownfield* y aplicará el cambio del sistema de explotación subterránea convencional a sistemas de explotación mecanizada o semimecanizada. Durante el desarrollo del proyecto, se iniciará con el análisis de las diferentes variables geometalúrgicas y económicas presentes en el yacimiento, para así asociarlas con la selección del método de minado mediante el *trade off*. Posteriormente, se generará el *budget* asociado al proyecto de profundización subterránea, lo cual generará las inversiones y el programa de avance para el desarrollo del plan de minado, considerando el aporte del mineral de labores de desarrollo, preparación y producción de acuerdo con el método de minado seleccionado. Una vez definido el diseño operacional del método de minado seleccionado, se determinarán los ingresos producto del plan de producción de concentrados proyectado y sus costos operacionales asociados. Finalmente, se evaluará económica y financieramente el flujo de caja del cambio del sistema de explotación subterránea convencional a sistemas de explotación mecanizada o semimecanizada, tomando en cuenta sus diversos indicadores de evaluación, como VAN, TIR, *payback*, etcétera, y se realizará el análisis de sensibilidad de los principales indicadores operacionales y económicos.

Al finalizar la asignatura, el estudiante será capaz de generar propuestas de mejora de la rentabilidad operacional mediante el análisis de variables operacionales y económicas en proyectos *brownfield* en minería subterránea.

Se recomienda al estudiante leer e investigar información referente a los principales temas planteados en el sílabo del curso, propuesto en la plataforma de la universidad. Asimismo, resulta importante que el alumno tenga conocimientos básicos de los principales *softwares* aplicados en minería.

El autor

Primera Unidad



Consideraciones generales para el desarrollo de un proyecto minero: cambio del sistema de explotación convencional a mecanizado

Taller de resolución de casos

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 1
Nombres y apellidos:

Instrucciones

Conteste con precisión. La calificación estará en función del procedimiento, el análisis y la interpretación de los resultados.

I. Propósito

El estudiante será capaz de contextualizar el análisis de las variables operacionales en modelos geometalúrgicos en la selección del método de minado en proyectos subterráneos *brownfield*.

II. Descripción de la actividad a realizar

En esta actividad se desea seleccionar el método de minado de acuerdo con el *trade off*, considerando variables operacionales y económicas.

III. Procedimiento

- Descargue la plantilla adjunta (data, Nicholas).
- Los resultados serán presentados en la plantilla adjunta y el análisis e interpretación de resultados en formato PDF.
- Revise el material de clases, la bibliografía básica y las videoclases; asimismo, consulte la web.
- La evaluación es individual.
- Grabe sus apellidos y nombres.

IV. Detalle

A continuación, se describe el tenor del caso propuesto:

Caso 1: análisis de las variables geometalúrgicas para la selección del método de minado subterráneo

El proyecto minero polimetálico San Andrés viene explotando dos sectores: el norte (*skarn*) y el sur (vetas), los cuales aportan un total de 5000 toneladas de mineral, siendo el aporte de mineral de la zona norte de 3000 tpd y el aporte de mineral de la zona sur de 2000 tpd.

La gerencia de operaciones sugiere realizar un análisis de las variables operacionales y económicas aplicadas en ambos sectores, por lo que desea efectuar un primer análisis de los métodos de minado en ambos sectores. Cuenta con un total de 15 350 000 toneladas de recursos minerales. Se solicita lo siguiente:

1. Realice una primera evaluación de los métodos de minado aplicados de acuerdo con las consideraciones geológicas, geomecánicas y económicas de ambos sectores, considerando el NSR (retorno neto de fundición), la ley equivalente, la recuperación y la dilución según el plan de producción. Estas variables se representarán en el *trade off* de ambos sectores.
2. Realice un análisis de sensibilidad en función del aporte de mineral de cada sector.

Asuma los datos de las siguientes tablas:

a. Zona norte:

Tabla 1

Propiedades geológicas (zona norte)

Parámetros geológicos	Estructura mineralizada
Forma	Irregular
Potencia	8.5
Buzamiento	70° - 80°
Distribución Leyes	Zonal

Tabla 2

Propiedades geomecánicas (zona norte)

Parámetros geomecánicos	Caja techo	Estructura mineralizada	Caja piso
RMR	65 - 70	42 - 52	65 - 70
RQD (%)	50 - 70	50 - 70	50 - 70
RSS	Moderado	Moderado	Moderado

b. Zona sur:

Tabla 3

Propiedades geológicas (zona sur)

Parámetros geológicos	Estructura mineralizada
Forma	Irregular
Potencia	3
Buzamiento	70° - 80°
Distribución Leyes	Zonal

Tabla 4

Propiedades geomecánicas (zona sur)

Parámetros geomecánicos	Caja techo	Estructura mineralizada	Caja piso
RMR	45 - 60	35 - 45	40 - 60
RQD (%)	50 - 70	50 - 70	50 - 70
RSS	Moderado	Moderado	Moderado

Nota: considere los archivos adjuntos para desarrollar el presente trabajo. Si lo considera necesario, utilice información adicional y explique por qué.

Segunda Unidad



Programa de inversión operativa y
el plan de producción

Semanas 5 a 8: Sesiones 5 a 8

Taller de resolución de casos

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 2
Nombres y apellidos:

Instrucciones

Conteste con precisión. La calificación estará en función del procedimiento, el análisis y la interpretación de los resultados.

I. Propósito

El estudiante será capaz de contextualizar el programa de inversión operativa (*budget*) asociado al análisis del método de minado programado y ejecutado.

II. Descripción de la actividad a realizar

En esta actividad se desea definir el análisis del método de minado programado y ejecutado de acuerdo con la información adjunta; asimismo, se definirá el *budget* asociado.

III. Procedimiento

- Descargue la plantilla adjunta (data, Nicholas).
- Los resultados serán presentados en la plantilla adjunta y el análisis e interpretación de resultados en formato PDF.
- Revise el material de clases, la bibliografía básica y las videoclases; asimismo, consulte la web.
- La evaluación es individual.
- Grabe sus apellidos y nombres.

IV. Detalle

A continuación, se describe el tenor del caso propuesto:

Caso 2: *budget* asociado al proyecto San Gabriel

El yacimiento polimetálico San Gabriel desea realizar la evaluación técnica económica de la veta Esperanza, para lo cual quiere definir un nuevo método de minado de acuerdo con las características geológicas, geomecánicas y económicas, así como el *trade off* respectivo. Los recursos minerales son de 21 250 200 toneladas con leyes de cabeza de Zn@10.50 %, Pb@3.41 % y Ag@10 Oz/TC. La producción planificada es de 3200 tpd.

El laboreo actual es de 400 metros bajo superficie (cota 400), con una longitud de estructura mineralizada de 500 metros. Se solicita lo siguiente:

1. Realice una primera evaluación de los métodos de minado aplicados de acuerdo con las consideraciones geológicas, geomecánicas y económicas de ambos sectores, considerando el NSR (retorno neto de fundición), la ley equivalente, la recuperación y la dilución según el plan de producción. Estas variables se representarán en el *trade off* de ambos sectores.
2. Se solicita definir el *budget* y el programa de avance de labores de desarrollo de acuerdo con la definición del método de minado, considerando rampas, cruceros o ventanas y galerías. Tenga en cuenta el desarrollo de labores desde la superficie hasta la cota 500.
3. Emita una opinión técnica y económica del método de minado seleccionado y del *budget* a generar.

Considere los siguientes parámetros:

Tabla 5

Propiedades geomecánicas (veta Esperanza)

Parámetros geomecánicos	Caja techo	Estructura mineralizada	Caja piso
RMR	Moderado	Moderado	Moderado
RQD (%)	50 - 70	50 - 70	50 - 70
RSS	Moderado	Moderado	Moderado

Tabla 6

Propiedades geológicas (veta Esperanza)

Parámetros geológicos	Estructura mineralizada
Forma	Irregular
Potencia	8 m
Buzamiento	70° - 75°
Distribución Leyes	Zonal

Nota: considere los archivos adjuntos para desarrollar el presente trabajo. Si lo considera necesario, utilice información adicional y explique por qué.

Tercera Unidad



Desarrollo del plan de producción
de concentrados en el
flujo de ingresos y el margen
operativo

Taller de resolución de casos

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 3
Nombres y apellidos:

Instrucciones

Conteste con precisión. La calificación estará en función del procedimiento, el análisis y la interpretación de los resultados.

I. Propósito

El estudiante será capaz de generar el análisis de sensibilidad al dimensionamiento de flota en minería subterránea.

II. Descripción de la actividad a realizar

En esta actividad se desea definir el dimensionamiento de flota para el método de minado *sub level stoping* y realizar un análisis de sensibilidad para buscar el dimensionamiento óptimo de equipos de carguío y acarreo.

III. Procedimiento

- Descargue la plantilla adjunta (rendimiento).
- Los resultados serán presentados en la plantilla adjunta y el análisis e interpretación de resultados en formato PDF.
- Revise el material de clases, la bibliografía básica y las videoclases; asimismo, consulte la *web*.
- La evaluación es individual.
- Grabe sus apellidos y nombres.

IV. Detalle

A continuación, se describe el tenor del caso propuesto:

Caso 3: análisis de sensibilidad de Southern Mountain

La gerencia de Southern Mountain desea reevaluar el dimensionamiento de flota de su proyecto subterráneo, el cual viene aplicando el método de minado *sub level stoping* con taladros largos y un cumplimiento del plan de producción de 12 ktp, con *scoops* de 5 yd³ y *dumpers* de 28 t.

Los diferentes indicadores operacionales y de rendimiento consideran valores muy por debajo de los óptimos, por lo que se requiere generar programas de optimización y un nuevo dimensionamiento de flota.

Se solicita lo siguiente:

1. Seleccione y dimensione la flota de equipos de carguío y acarreo óptimos, de acuerdo con el método de minado *sub level stoping* y el plan de producción.
2. Realice un análisis de sensibilidad considerando los diferentes factores de llenado en 55, 75 y 85 % para la mejora del rendimiento de los equipos.
3. Defina la vida operacional de sus equipos de acuerdo con los rendimientos planteados.
4. Analice e interprete los resultados.

Cuarta Unidad



Evaluación económica y
financiera: cambio de
sistema de explotación
convencional a explotación
mecanizada

Taller de resolución de casos

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 4

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Conteste con precisión. La calificación estará en función del procedimiento, el análisis y la interpretación de los resultados.

I. Propósito

El estudiante será capaz de evaluar económica y financieramente los planes de producción de una operación subterránea asociada al dimensionamiento de flota.

II. Descripción de la actividad a realizar

En esta actividad se desea evaluar económica y financieramente el plan minero asociado al dimensionamiento de la flota requerida, como equipos de carguío y acarreo, analizando los resultados e interpretando los indicadores económicos, en escenario programado y escenario ejecutado.

III. Procedimiento

- Descargue la plantilla adjunta (balance, data, dimensionamiento).
- Los resultados serán presentados en la plantilla adjunta y el análisis e interpretación de resultados en formato PDF.
- Revise el material de clases, la bibliografía básica y las videoclases; asimismo, consulte la web.
- La evaluación es individual.
- Grabe sus apellidos y nombres.

IV. Detalle

A continuación, se describe el tenor del caso propuesto:

Caso 4: análisis económico del proyecto Esperanza

El yacimiento polimetálico Esperanza viene explotando diversas estructuras (sector norte) dentro de su operación mediante el método de minado *sub level stoping* con taladros largos con una producción general de 10 ktp. La producción programada del método *sub level stoping* durante el periodo 2022 fue de 791 890 y la producción ejecutada durante el mismo periodo fue de 647 343 toneladas; el *cash cost* programado fue de 69.75 USD/t y el ejecutado se incrementó en 2.5 USD/t el costo de mina. Considere los parámetros de NSR valores de 220 USD/t y 200 USD/t programados y ejecutados, respectivamente. Las dimensiones del *block* mineralizado son de 200 m x 100 m, y una potencia de 30 m, con una densidad de 2.9 t/m³ y una recuperación metalúrgica programada del 90 %. Determine los cálculos de:

- a. La evaluación del rendimiento de equipos, en los escenarios programados y ejecutados. Analice e interprete los resultados.
- b. La evaluación económica y financiera de ambos escenarios, considerando una tasa de descuento del 10 % y un *capex* de USD 48 050 000 durante el periodo 2022, así como las variables de dilución y recuperación. Analice e interprete los resultados.
- c. Asimismo, emita una opinión técnica y económica en programas de optimización y reducción de costos con base en los resultados obtenidos.

Nota: si lo considera necesario, asuma datos y explique por qué.

Referencias

- Asesoría Empresarial y Coaching Ejecutivo-JDELCA. (2018, 4 de julio). *Evaluación de proyectos de inversión: económico y financiero - Excel 365* [Video]. YouTube. <https://acortar.link/Pna1Or>
- Chase, J. (2018). *Administración de la producción y de las operaciones* (12.ª ed.). McGraw-Hill. <https://acortar.link/VryLBd>
- Coll, F. (2020, 1 de febrero). *Trade off. Definición técnica*. Economipedia. <https://acortar.link/sLjARR>
- Compan, G., Pizarro, E., y Videla, A. (2015). Geometallurgical model of a copper sulphide mine for long-term planning. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 115 (6), 549-556. <https://acortar.link/YgMZyr>
- Díaz, W. (2021). *Trade off entre el método de tajeo por subniveles y el corte y relleno ascendente para minar la Veta Thalia de una mina subterránea* [Trabajo de investigación de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional. <https://acortar.link/oGusDj>
- Escobar, E., R., Ccahuana, R, Villodas, E., y Arpasi, F. (2020). *Estrategias para minimizar el cash cost en una operación minera subterránea* [Trabajo de investigación de maestría, Escuela de Postgrado Gërens]. Repositorio institucional. <https://acortar.link/WZeBd6>
- Noronha, O., Cano, A., Dos Reis, A., y Arroyo, C. (2018). *Dimensionamiento de flota en las operaciones de carguío y transporte usando modelos de simulación de sistemas*. *Interfases*, (11), 43-55. <https://acortar.link/iLbBs0>
- Ticllasuca, E. (2019). *Planeamiento de minado a corto plazo para optimizar la producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A.* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas, Universidad Continental]. Repositorio institucional. <https://acortar.link/vMqSrk>

