Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Departamento: Mineria
Area: Mineria

(Programa del año 2023)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 17/11/2023 09:37:24)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
TECNOLOGIA DE EXPLOSIVOS	ING.EN MINAS	6/15	2023	2° cuatrimestre
TECNOLOGIA DE EXPLOSIVOS	T.UNIV.EXP.MIN.	14/13	2023	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
TORRES MORALES, GUILLERMO	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
GIUBERGIA, ANDREA ALEJANDRA	Prof. Colaborador	P.Adj Exc	40 Hs
AMAYA, HECTOR MAXIMILIANO	Auxiliar de Práctico	A.2da Simp	10 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	**Teóricas**	**Prácticas de Aula**	**Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.**	**Total**
4 Hs	2 Hs	1 Hs	1 Hs	4 Hs

Tipificación	Periodo
A - Teoria con prácticas de aula y campo	2º Cuatrimestre

Duración			
Desde	**Hasta**	**Cantidad de Semanas**	**Cantidad de Horas**
07/08/2023	18/11/2023	15	60

IV - Fundamentación

Los explosivos han dado forma a nuestro pasado y siguen presentes en nuestras vidas. La mayoría de las materias primas que utiliza la sociedad hoy en día, son producidas con el uso de explosivos en las explotaciones mineras de todo el mundo. La construcción de carreteras, canales, represas y edificios se logra gracias a la ayuda de los explosivos. Inclusive la comida que consumimos a diario no existiría sin la ayuda de explosivos para producir fertilizantes, metales con los cuales se fabrican equipos agrícolas. Es de fundamental importancia que el Ingeniero en Minas conozca los fundamentos del manejo de explosivos para la producción de esas materias primas.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

OBJETIVOS GENERALES:
a).-Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades.
b).-Conocer y comprender el comportamiento de los explosivos en las obras de ingeniería minera.
c).-Conocer y comprender las mezclas explosivas para lograr la mayor eficiencia en la voladura de acuerdo al comportamiento del macizo rocoso.
d).-Conocer los procesos de fabricación de los explosivos y mezclas explosivas más importantes.
e).-Aplicar los métodos de cálculo, diseño y análisis de las voladuras, así como los criterios para la más adecuada selección de los mismos para las distintas aplicaciones.
f).-Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos
g).-Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.

h).- Reglamentación respecto al almacenamiento y transporte de sustancias explosivas.

VI - Contenidos

TEMA 1: Termodinámica de los explosivos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.1. Conocer la evolución de los explosivos a lo largo de la historia, para comprender su concepto y su principio de aplicación civil.

1.2. Conocer las propiedades específicas que dan lugar a que una materia sea explosiva.

1 3. Comprender el concepto y las propiedades de la detonación como base del régimen de reacción de los explosivos.

1.4. Comprender los mecanismos de propagación de la reacción química que se mueve a través del explosivo, que tienen lugar en la detonación y que determinan la constitución y propagación de la detonación o la extinción de ésta.

CONTENIDOS

1.1. HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS

- La pólvora negra. La Nitroglicerina. Los descubrimientos de Nobel: Las dinamitas y los detonadores. Anfos. Explosivos con agua.

1.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

- Combustión, deflagración, detonación. Explosiones.
- Obtención de la reacción explosiva. Factores que influyen en los regímenes de descomposición.

1.3. TEORÍA DE LA DETONACIÓN

- Ecuaciones de conservación. La detonación ideal. Modelo propuesto por Melvin Cook & A. Bauer. Desarrollo de la cabeza de detonación.

1 4. INICIACIÓN DE LA DETONACIÓN

Iniciación homogénea por explosión térmica. Iniciación heterogénea por puntos calientes. Iniciación de explosivos heterogéneos. Iniciación por estímulos de baja velocidad. Transición de deflagración a detonación.

1 5 LA ENERGÍA DE LOS EXPLOSIVOS

- Calor de explosión y potencia de los explosivos
- Ciclo termodinámico de la detonación. Trabajo útil.

TEMA 2. Propiedades de los explosivos y métodos de ensayo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1. Conocer las propiedades prácticas relacionadas con la valoración energética de los explosivos, su fiabilidad y su seguridad de uso, y los métodos experimentales para su determinación.

CONTENIDOS

2. 1. CARACTERÍSTICAS PRÁCTICAS DE LOS EXPLOSIVOS

Características energéticas Potencia; ensayos Poder rompedor; ensayos. Velocidad de detonación, métodos de medida. Características de fiabilidad Sensibilidad a la iniciación. Transmisión de la detonación. Resistencia al agua y a la presión hidrostática. Características de segundad. Sensibilidad al impacto y a la fricción. Estabilidad térmica. Resistencia al calor bajo confinamiento.

CONTENIDOS

3 1 EXPLOSIVOS INICIADORES

- Propiedades generales
- Fulminato de mercurio
- Azida o nitruro de plomo
- Estifnato de plomo.

3 2 EXPLOSIVOS SECUNDARIOS

-La miración Mecanismo Nitraciones C, O yN Nitraciones industriales.

- Clasificación de los explosivos secundarios
- Nitroaromáticos Propiedades generales La tnlita.
- Esteres nítricos. Propiedades generales La pentrita. La nitroglicerina y el mtroghcoL Las nitrocelulosas.
- Nitraminas. Propiedades generales. El hexógeno y el ectógeno.

TEMA 3: Explosivos industriales

OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.1. Conocer la constitución y las propiedades de las diferentes familias de explosivos industriales y su ámbito de aplicación.
3.2. Conocer de manera básica los métodos de fabricación de las diferentes familias de explosivos industriales.
3.3. Conocer los riesgos asociados al empleo de explosivos en ambientes potencialmente peligrosos, en particular en la minería de carbón.
3.4. Conocer la constitución, propiedades, clasificación, métodos específicos de ensayo y modo de empleo de los explosivos para uso en minería de carbón.
3.5. Conocer la constitución, propiedades, principio de fabricación y aplicaciones de la pólvora negra.
3.6. Conocer los sistemas de carga automatizada de barrenos y su aplicación según la constitución del explosivo.
3.7. Conocer la gama de productos comerciales de explosivos industriales existentes en el mercado.
3.8. Conocer y valorar los parámetros que deben tenerse en cuenta para seleccionar el explosivo para una determinada aplicación.
CONTENIDOS
3. 1. EXPLOSIVOS CONVENCIONALES
Explosivos gelatinosos Propiedades, aplicaciones
Explosivos pulverulentos Propiedades, aplicaciones
Fabricación de explosivos convencionales
Productos comerciales
3. 2. MEZCLAS NITRATO AMONICO-COMBUSTIBLE
El nitrato amónico. Formas de presentación. Propiedades físicas. Propiedades explosivas.
Sensibilización del nitrato amónico por combustibles
Propiedades de las mezclas Anfo. Contenido en aceite mineral. Influencia del tamaño de grano. Efecto de la humedad. Aplicaciones.
Productos comerciales.
3.3. EXPLOSIVOS ACUOSOS
El problema del agua y el nitrato amónico
Hidrogeles Constitución, tipos y propiedades generales. Sensibilización. Propiedades: potencia, densidad, gases de detonación, propiedades reológicas. Aplicaciones. Fabricación.
Emulsiones. Concepto. Emulsiones "agua en aceite".
Emulsiones con sales. Propiedades' potencia, velocidad de detonación, sensibilidad, resistencia al agua. Aplicaciones. Fabricación. Mezclas emulsión/Anfo. Anfos Pesados.
- Productos comerciales
3.4 EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD
Mecanismos de inflamación del grisú y el polvo de carbón. Factores que afectan a la inflamabilidad del grisú.
Evolución y tipos de explosivos de seguridad. Explosivos con el inhibidor en la composición. Explosivos de intercambio iónico.
Medidas de seguridad y control de los explosivos ante el grisú y el polvo de carbón. Causas más frecuentes de formación de atmósferas peligrosas de grisú y polvo de carbón. Influencia del sistema de cebado y el calibre de los cartuchos. Ensayos de clasificación. Galerías de pruebas. Condiciones de tiro. Productos comerciales
3.5 PÓLVORA NEGRA
Constitución y tipos. Fabricación. Aplicaciones
3.6 CARGA DE LOS BARRENOS
Carga de explosivos encartuchados manual, neumática. Carga a granel. Explosivos granulares. Explosivos bombeables. Mezclado in situ.
3.7 ELECCIÓN DEL EXPLOSIVO
Criterios de selección humedad de barrenos, diámetro y longitud de barrenos, tipo de roca, fragmentación, forma de carga, toxicidad de los gases, naturaleza de la atmósfera, precio.

TEMA 4: ACCESORIOS DE VOLADURA. SISTEMAS DE INICIACIÓN
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
4. 1. Conocer la constitución y comprender el funcionamiento de los detonadores ordinarios, eléctricos, tubo de choque y detonadores electrónicos.
4. 2. Conocer la constitución, características y aplicaciones de la mecha lenta.
4. 3. Conocer los tipos y características de los detonadores eléctricos.
4. 4. Conocer los sistemas de energetización para los detonadores eléctricos y los medios de comprobación de su conexión.
4. 5. Conocer los riesgos existentes en la voladura eléctrica y las precauciones a adoptar.

4. 6. Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante iniciación eléctrica.
4. 7. Conocer los sistemas de conexión y retardo de voladuras mediante tubo de choque. Sistema Nonel.
4. 8. Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante iniciación por tubo de choque.
4. 9. Conocer la constitución, características y aplicaciones del cordón detonante y de los sistemas de conexión y retardo aplicados con el mismo.
4. 10. Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante cordón detonante.
4. 11. Conocer la constitución y modo de empleo de los multiplicadores de onda, Booster.
CONTENIDOS.
4. 1. DETONADORES ORDINARIOS Y MECHA LENTA
Detonadores ordinarios. Descripción. Funcionamiento. Mechas de seguridad. Mecha lenta Constitución, características, tipos, aplicaciones. Ejemplos de voladuras con detonador ordinario y mecha.
4. 2. DETONADORES ELÉCTRICOS
Descripción. Características eléctricas. Tipos y clasificación. Conexión de los detonadores eléctricos. Sistemas de energización pilas, explosores dinamoeléctricos, explosores de condensador. Aparatos de comprobación.
Riesgos y precauciones en las voladuras eléctricas comentes errantes, líneas de transporte de energía eléctrica, electricidad estática, tormentas, energía de radiofrecuencia. Ejemplos de voladuras con iniciación eléctrica.
4. 3. DETONADORES NO ELÉCTRICOS. SISTEMA NONEL DE INICIACIÓN.
Detonadores no eléctricos: Constitución y funcionamiento. Tipos de detonadores y sistemas de conexión Ejemplos de voladuras iniciadas con detonadores no eléctricos.
4. 4. CORDÓN DETONANTE: Constitución, características y tipos. Sistemas de conexión y retardo. Ejemplos de voladuras iniciadas con cordón detonante.
4. 4. DETONADORES ELECTRÓNICOS
Constitución y funcionamiento. Tipos de detonadores y sistemas de conexión. Ejemplos de voladuras iniciadas con detonadores no electrónicos.
Multiplicadores, Boosters. Concepto y constitución. Criterios de utilización. Multiplicadores temporizados.

TEMA 5: MECANISMOS DE ROTURA DE LAS ROCAS
OBJETIVOS ESPECIFICOS
5. 1. Comprender el mecanismo de la interacción del explosivo y la roca.
5. 2.La resistencia de las rocas.
5. 3 Acción de la onda de choque sobre la roca en inmediaciones del barreno. Interacción con la cara libre.
5.4. Efecto de los gases de la explosión.
5.4. Rotura y arranque de la roca. Fragmentación.
CONTENIDOS.
Trituración de la roca. Agrietamiento radial. Reflexión de la onda de choque.
Extensión y apertura de las grietas radiales. Fracturación por liberación de carga. Fracturación por Cizallamiento. Rotura por flexión. Rotura por colisión.

TEMA 6. VOLADURAS EN BANCO
OBJETIVOS ESPECIFICOS
6. 1. Conocer las variables de diseño en voladuras de pequeño y mediano diámetro: Diámetros de perforación. Altura de banco.
6. 2. Esquemas de perforación. Sobreperforación y retacado. Inclinación de los barrenos.
6. 3. Distribución de las cargas.

CONTENIDOS.
6. 1. Distribución de la carga
6. 2. Efecto del confinamiento en el fondo del barreno, la resistencia de la roca, la potencia del explosivo y la presencia de vanos barrenos en fila.
6. 3. Distancia a la cara libre (Piedra máxima). Corrección por desviaciones en la perforación y esponjamiento en voladuras de vanas filas.
6. 4. Bancos de pequeña altura. Ejemplos de secuenciación de voladuras en banco.

TEMA 7: VOLADURAS EN TÚNEL
OBJETIVOS ESPECIFICOS

7. 1. Conocer el ciclo básico de excavación subterránea: Perforación de barrenos. Carga de explosivo. Disparo de las voladuras. Evacuación de los humos y ventilación. Saneo de los hastiales. Carga y transporte del escombro. Replanteo del nuevo diagrama de perforación.
7. 2. Sistemas de avance.
7. 3. Esquemas de voladura en túneles.
7. 4. Tipos de cueles y cálculo de voladuras.

CONTENIDOS.
7. 1. Cueles. Cálculo de la carga para pequeños ángulos de rotura.
7. 2. Influencia de las desviaciones de la perforación. Cueles con barrenos en ángulo.
7. 3. Diseño de geometría y carga. Cueles con barrenos paralelos. Diseño de geometría y carga.
7. 4. Esquemas de franqueo. Destroza. Zapateras. Barrenos de contorno.
7. 5. Ejemplos de secuenciación de voladuras en túnel.
7. 6. Voladuras de contorno. Fundamentos teóricos Presión en el barreno. Precorte. Recorte

TEMA 8 EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LAS VOLADURAS.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
8.1. Conocer los tipos de ondas sísmicas producidas en las voladuras
8.2. Conocer el funcionamiento de los equipos de medida de vibraciones y su utilización práctica
8.3. Comprender el concepto de carga cooperante
8.4. Aplicar las leyes de propagación de las vibraciones
8.5 Aplicar los criterios de prevención de daños según la estructura a proteger y la frecuencia de la vibración. Aplicar la norma UNE sobre vibraciones.
8.6 Conocer las técnicas de diseño y ejecución de voladuras tendentes a limitar la producción de vibraciones.
8.7 Conocer las magnitudes características de las ondas explosivas en el aire y los efectos de éstas sobre personas y estructuras en función de su presión máxima.
8. 8. Conocer las causas que influyen en la producción de onda aérea en las voladuras.
8. 9. Conocer las técnicas de diseño y ejecución de voladuras tendentes a limitar la producción de onda aérea.
8.10. Conocer las causas que provocan el lanzamiento incontrolado de roca en las voladuras.
8.11 Conocer las técnicas de diseño de voladuras tendentes a limitar las proyecciones.
8.12. Conocer las medidas de seguridad durante el disparo para evitar daños por proyecciones.
CONTENIDOS
8. 1. VIBRACIONES
Tipos de ondas sísmicas. Medición de vibraciones Sismógrafos. Leyes de propagación. Predicción de los niveles de vibración. Criterios de prevención de daños Aplicación de la norma española de vibraciones.
8.2 ONDA AEREA
Características de la onda explosiva aérea. Valores límite de sobrepresión. Factores que influencian la emisión de onda aérea en voladuras.
8. 3. PROYECCIONES
Origen de las proyecciones. Velocidad y alcance de los fragmentos. Factores de diseño de las voladuras que afectan a las proyecciones. Medidas de segundad frente a las proyecciones en el disparo.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

PRÁCTICAS
Se realizarán prácticas de laboratorio y prácticas de campo. Los trabajos de campo incluyen la recopilación de datos para la elaboración del Trabajo Integrador Final, el cual se hará en conjunto con la material Laboreo I. Se deberá aprobar el 100% de los prácticos propuestos, con cuestionarios previos a la realización de los mismos.
Los trabajos prácticos son cuatro con problemas de la actividad, mas un trabajo integrador que comprende los conocimientos adquiridos durante el cursado de la materia:
TRABAJO PRACTICO N° 1 PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS. Cálculo de Velocidad de Detonación y de Potencia Relativa.
TRABAJO PRACTICO Nº 2. ACCESORIOS DE VOLADURA

TRABAJO PRACTICO Nº 3. CÁLCULO DE CARGA. APLICACIÓN PRÁCTICA.
TRABAJO PRACTICO Nº 4. CALCULO DE CONSUMOS ESPECÍFICOS BANCOS BAJOS - BANCOS ALTOS
TRABAJO PRACTICO N° 5. TRABAJO INTEGRADOR FINAL
LOS PRÁCTICOS SERÁN APROBADOS UNA VEZ QUE EL ALUMNO HAYA REALIZADO LA DEFENSA DE LOS MISMOS EN LA MODALIDAD ORAL.

VIII - Regimen de Aprobación

Para aprobar la cursada se deberán tener los parciales y el 100% de los trabajos prácticos aprobados.
Los parciales son dos, los cuales tienen su correspondiente recuperación, y una recuperación global.
Asistencia 100 % de los prácticos, incluye salidas de campo y la aprobación de un Trabajo Integrador.
La materia no es promocional se aprueba mediante examen final.
La materia se dictará de manera presencial, y con el apoyo de plataforma digital, en donde se le facilitará al alumno material de estudio y videos explicativos de los distinto temas.

IX - Bibliografía Básica

[1] -CARLOS LOPEZ JIMENO, Manual de Perforación y voladura de Rocas, ITGE, Segunda edición. Madrid, 1994.
[2] -SANCHIDRIAN, J.A. y MUÑIZ, E., Curso de Tecnología de Explosivos, Fundación Gómez Pardo, Madrid, 2000. (Texto).
[3] -PERSSON, P.A., HOLMBERG, R. y LEE, J., Rock Blasting and Explosivos Engineenng, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 1994.
[4] - APUNTES – Realizados por la cátedra en fotocopia y apoyo electrónico.
[5] - Dr. CALVIN J. KONYA, Dr. ENRIQUE ALBARRÁN N. Diseño de Voladuras. Logo Diseño.México, 1998.
[6] - ANTONIO MARFANY OANES, Tecnología de Canteras y Graveras. FUEYO EDITORES, Madrid, 2004.
[7] -U. Langefors B Kihltrom. TECNICA MODERNA DE VOLADURA DE ROCAS. Suecia 1968.
[8] -Dr. Vicente Calbo. Explosivos Industriales. Argentina.
[9] - Manual Práctico de Voladura. Exsa.S.A. versión digital. Cuarta edición.

X - Bibliografia Complementaria

[1] Perforación y Voladuras de Rocas en Minería, José Bernaola Alonso, Jorge Castilla Gomez, Juan Herrera Herbert. E.T.S de Ingenieros de Minas de Madrid.
[2] - Open Pit Blast Design, Analysis and Optimisation A. Scott. A. Cocker. N. Djordjevic. Series Editor T.J. Napier-Munn. University Queensland. Autralia, 1996.

XI - Resumen de Objetivos

OBJETIVOS GENERALES:
a).-Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades.
b).-Conocer y comprender el comportamiento de los explosivos en las obras de ingeniería minera.
c).-Conocer y comprender las mezclas explosivas para lograr la mayor eficiencia en la voladura de acuerdo al comportamiento del macizo rocoso.
d).-Conocer los procesos de fabricación de los explosivos y mezclas explosivas más importantes.
e).-Aplicar los métodos de cálculo, diseño y análisis de las voladuras, así como los criterios para la más adecuada selección de los mismos para las distintas aplicaciones.
f).-Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos
g).-Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.
h).- Reglamentación respecto al almacenamiento y transporte de sustancias explosivas.

XII - Resumen del Programa

TEMA 1: Termodinámica de los explosivos.
TEMA 2. Propiedades de los explosivos y métodos de ensayo.
TEMA 3: Explosivos industriales
TEMA 4: Accesorios de voladuras. Sistemas de iniciación.
TEMA 5: Mecanismos de rotura de las rocas.

TEMA 6. Voladuras en banco.
TEMA 7: Voladuras en túnel.
TEMA 8: Efectos medioambientales de las voladuras.

XIII - Imprevistos

El programa podrá presentar ajustes en el transcurso de la cursada. Toda modificación será acordada y comunicada al estudiantado e informada a Secretaría Académica.

XIV - Otros

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	