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

(Programa del año 2016)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 13/12/2016 19:48:53)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
TECNOLOGIA DE EXPLOSIVOS	T.UNIV.EXP.MIN.	14/13	2016	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
TORRES MORALES, GUILLERMO	Prof. Responsable	P.Adj Semi	20 Hs
FARA, RAUL MARCELO	Prof. Co-Responsable	P.Adj Semi	20 Hs
ZAMUDIO, CARLOS RAMIRO	Responsable de Práctico	A.1ra 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	3 Hs	1 Hs	Hs	4 Hs

Tipificación	Periodo
C - Teoria con prácticas de aula	2º Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
08/08/2016	18/11/2016	15	60

IV - Fundamentación

Los explosivos son uno de los paradigmas de la profesión del ingeniero de minas, con plena competencia para la ejecución de proyectos de voladura y dirección facultativa de las mismas. Dicha competencia se extiende a las instalaciones de producción. La Tecnología de Explosivos es una asignatura en la que se adquiere un conocimiento profundo en estos materiales. El desarrollo de la materia, no deja aparte ninguna faceta relacionada con ellos: sus mecanismos de reacción y propiedades, los procesos de fabricación de los explosivos y mezclas explosivas más importantes, los criterios de selección de los mismos para las distintas aplicaciones, los accesorios y sistemas de iniciación necesarios para su uso práctico y las normas de seguridad para su correcta utilización.

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 de la roca.
d).-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.
e).-Conocer los procesos de fabricación de los explosivos y mezclas explosivas más importantes.
f).-Conocer las normas de segundad 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 explosivo

VI - Contenidos

CONTENIDOS MÍNIMOS: Propiedades y características de los explosivos. Explosivos industriales y su fabricación. Accesorios de voladura. Selección de explosivos. Voladuras en bancos. Voladuras en túnel. Vibraciones

VII - Plan de Trabajos Prácticos

PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS
Se realizarán prácticas de laboratorio y prácticas de campo en grupos reducidos. Se deberá aprobar el 100% de los prácticos propuestos

Los trabajos práctico son tres con problemas de la actividad:
TRABAJO PRACTICO N° 1 PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS. Cálculo de VOD y de Potencia Relativa.
TRABAJO PRACTICO Nº 2. CÁLCULO DE CARGA. APLICACIÓN PRÁCTICA.
TRABAJO PRACTICO Nº 2 CALCULO DE CONSUMOS ESPECIFICOS BANCOS BAJOS - BANCOS ALTOS
TRABAJO PRACTICO N° 3 AVANCE DE TUNELES ARRANQUES.
LOS PRÁCTICOS SERÁN APROBADOS UNA VEZ QUE EL ALUMNO HAGA LA DEFENSA DE LOS MISMOS.

VIII - Regimen de Aprobación

Se deberan aprobar el 100% de los trabajos practicos.- Asistencia al 75 % de las practicas.-
La materia no es promocional se aprueba mediante examen final

IX - Bibliografía Básica

[1] BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:
[2] PERSSON, P.A., HOLMBERG, R. y LEE, J., Rock Blasting and Explosivos Engineenng, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 1994.
[3] SANCHIDRIAN, J.A. y MUÑIZ, E., Curso de Tecnología de Explosivos, Fundación Gómez Pardo, Madrid, 2000. (Texto).
[4] CARLOS LOPEZ JIMENO, Manual de Perforación y voladura de Rocas, ITGE, Segunda edición. Madrid, 1994.
[5] APUNTES – Realizados por la cátedra en fotocopia y apoyo electrónico.
[6] Dr. CALVIN J. KONYA, Dr. ENRIQUE ALBARRÁN N. Diseño de Voladuras. Logo Diseño.México, 1998.
[7] ANTONIO MARFANY OANES, Tecnología de Canteras y Graveras. FUEYO EDITORES, Madrid, 2004.

X - Bibliografia Complementaria

[1] LANGEFORS, U. y KIHLSTRÓM, B., Técnica moderna de voladuras de rocas, 2a edición, Urmo, Bilbao.

XI - Resumen de Objetivos

1. Historia de los explosivos.- Conceptos de deflagracion y detonacion. Termoquimica de los explosivos Calor de explosion. Balance de Oxigeno. Volumen de Explosion VOD. Poder rompedor.-
2. PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS
Cálculo de características teóricas de los explosivos. Características prácticas de los explosivos y métodos de ensayo
Resolución de ejercicios en aula
Ejecución de ensayos en campo
3. SUSTANCIAS EXPLOSIVAS Explosivos iniciadores. Explosivos secúndanos
4 EXPLOSIVOS INDUSTRIALES
Explosivos convencionales. Mezclas nitrato amónico-combustible. Explosivos acuosos. Explosivos de segundad. Carga de los barrenos. Elección del explosivo Actividad en campo
5. SISTEMAS DE INICIACIÓN
Detonadores ordinarios y mecha lenta. Detonadores eléctricos. Detonadores no eléctricos. Otros sistemas de iniciación secuencial

6. VOLADURA DE ROCAS E INGENIERÍA DE EXPLOSIVOS
Fracturación de las rocas en la voladura. Voladuras en banco. Voladuras en túnel. Voladuras de contorno. Voladuras especiales
7. EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LAS VOLADURAS. REGLAMENTACIÓN Y SEGURIDAD Vibraciones. Onda aérea. Proyecciones.
8.- REGLAMENTACIONES DE USO Y TRANSPORTE
Reglamentación y precauciones de uso, almacenamiento y transporte de explosivos

XII - Resumen del Programa

a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS BLOQUE
1: Termodinámica de los explosivos.
1.1 Conocer la evolución de los explosivos a lo largo de la Historia, como mejor medio 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.
1.4Comprender los mecanismos de interacción de choques que tienen lugar en la detonación y que determinan la constitución y propagación de la detonación o la extinción de ésta.
HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS
- La pólvora negra.
- 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.
-Ecuaciones del choque unidimensional.
-Cálculo de estados de detonación. Planteamiento general.
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 termodmámico de la detonación Trabajo útil
BLOQUE 2:
Propiedades de los explosivos y métodos de ensayo
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
2.1 Aplicar los métodos para la determinación de características teóricas de los explosivos.
2.2 Conocer las propiedades prácticas relacionadas con la valoración energética de los explosivos, su fiabilidad y su segundad de uso, y los métodos experimentales para su determinación.
CONTENIDOS 2 1 CALCULO DE CARACTERÍSTICAS DE LOS EXPLOSIVOS
- Planteamiento
- Calculo de la composición de los productos
- Calculo del calor y temperatura de explosión Datos termodinámicos, método iterativo de cálculo
2 2 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
BLOQUE 3: Sustancias explosivas OBJETIVOS ESPECÍFICOS
3 1 Conocer la clasificación convencional de las materias explosivas

3 2 Conocer las propiedades físicas, químicas y explosivas, las aplicaciones y los principios de fabricación de los explosivos primarios
3 3 Conocer los principios de la miración y su ejecución industrial en la. fabricación de sustancias explosivas
3 4 Conocer las propiedades generales de las más importantes familias de explosivos secundarios .
3 5 Conocer las propiedades físicas, químicas y explosivas, las aplicaciones y los principios de fabricación de los explosivos secundarios de aplicación en explosivos civiles.

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. BLOQUE 4: Explosivos industriales OBJETIVOS ESPECIFICOS
4 1 Conocer deforma razonada la constitución y las propiedades de las diferentes familias de explosivos industriales y su ámbito de aplicación
4 2 Conocer deforma básica los métodos de fabricación de las diferentes familias de explosivos industriales
4 3 Conocer los riesgos asociados al empleo de explosivos en ambientes potencialmente explosivos, en particular en la minería de carbón
4 4 Conocer la constitución, propiedades, clasificación, métodos específicos de ensayo y modo de empleo de los explosivos para uso en minería de carbón
4 5 Conocer la constitución, propiedades, principio de fabricación y aplicaciones de la pólvora negra.
4 6 Conocer los sistemas de carga automatizada de barrenos y su aplicación según la constitución del explosivo
4 7 Conocer la gama de productos comerciales de explosivos industriales existentes en el mercado
4 8 Conocer y valorar los parámetros que deben tenerse en cuenta para seleccionar el explosivo para una determinada aplicación
CONTENIDOS
4.1 EXPLOSIVOS CONVENCIONALES " Explosivos gelatinosos Propiedades, aplicaciones
- Explosivos pulverulentos Propiedades, aplicaciones
- Fabricación de explosivos convencionales
- Productos comerciales
4 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
4.3 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 densos
- Productos comerciales
4.4 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 segundad. Explosivos con el inhibidor en la composición. Explosivos de intercambio iónico.

- Medidas de segundad 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
4.5 PÓLVORA NEGRA
- Constitución y tipos
- Fabricación
- Aplicaciones
4.6 CARGA DE LOS BARRENOS
- Carga de explosivos encartuchados manual, neumática 41
- Carga a granel Explosivos granulares Explosivos bombeables.
- Mezclado m situ.
4.7 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
BLOQUE 5: Sistemas de iniciación OBJETIVOS ESPECÍFICOS
5 1 Conocer la constitución y comprender el funcionamiento de los detonadores ordinarios, eléctricos y de tubo de choque
5 2 Conocer la constitución, características y aplicaciones de la mecha lenta y el cordón de ignición
5 3 Conocer los tipos y características de los detonadores eléctricos
5 4 Conocer los sistemas de energetización para los detonadores eléctricos y los medios de comprobación de su conexionado
5 5 Conocer los riesgos existentes en la voladura eléctrica y las precauciones a adoptar
5 6 Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante iniciación eléctrica
5 7 Conocer los sistemas de conexión y retardo de voladuras mediante tubo de choque
5 8 Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante iniciación por tubo de choque.
5 9 Conocer la constitución, características y aplicaciones del cordón detonante y de los sistemas de conexión y retardo aplicados con el
5 10 Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante cordón detonante.
5 11 Conocer de modo introductorio sistemas de iniciación de empleo minoritario
5 12 Conocer la constitución y modo de empleo de los multiplicadores
CONTENIDOS.
5 1 DETONADORES ORDINARIOS Y MECHA LENTA
- Detonadores ordinarios Descripción Funcionamiento
- Mechas de segundad Mecha lenta Constitución, características, tipos, aplicaciones. Cordón de ignición Constitución, características, aplicaciones
- Ejemplos de voladuras con detonador ordinario y mecha
5 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
5 3 DETONADORES NO ELÉCTRICOS Y OTROS SISTEMAS DE INICIACIÓN SECUENCIAL
- Detonadores no eléctricos: Constitución y funcionamiento. Tipos de detonadores y sistemas de conexión Ejemplos de voladuras iniciadas con detonadores no eléctricos.
- Cordón detonante: Constitución, características y tipos. Sistemas de conexión y retardo. Ejemplos de voladuras iniciadas con cordón detonante.

- Otros sistemas de iniciación secuencial. Sistema magnadet. Sistema hercudet. Detonadores electrónicos
- Multiplicadores. Concepto y constitución. Criterios de utilización Multiplicadores temporizados

BLOQUE 6: Voladura de rocas e ingeniería de explosivos. OBJETIVOS ESPECIFICOS

-6 1 Comprender el mecanismo de la interacción del explosivo y la roca

-6 2 Calcular la piedra teórica o recubrimiento de roca máximo que un barreno es capaz de arrancar

-6 3 Aplicar los factores que deben utilizarse para la determinación de la piedra práctica

-6 4 Calcular las magnitudes principales de diseño de las voladuras en banco.

-6 5 Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras en banco.

-6 6 Conocer los distintos tipos de cuele y aplicar los métodos para su diseño.

-6 7 Aplicar los métodos para el diseño de voladuras en túnel.

-6 8 Conocer el concepto de voladura de contorno como medio para reducir el daño a la roca remanente

-6.9 Aplicar los principios de diseño de voladuras de contorno en sus modalidades de precorte y recorte.

-6.10 Conocer las particularidades de diseño de voladuras en carbón, voladuras en zanja, voladuras de apertura, ejecución de pozos, voladuras secundarias y voladuras submarinas.

-611 Conocer los fundamentos de diseño de voladuras en cráter invertido.

6 12 Conocer los fundamentos del diseño y ejecución de demoliciones

CONTENIDOS: 6 1. FRACTURACIÓN DE LAS ROCAS EN LA VOLADURA

- La resistencia de las rocas
- Acción de la onda de choque sobre la roca Inmediaciones del barreno. Interacción con la cara libre
- Efecto de los gases de la explosión.
- Rotura y arranque de la roca. Fragmentación

6 2 VOLADURAS EN BANCO Cálculo de la carga teoría sueca

- Distribución de la carga
- 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.
- Piedra máxima. Corrección por desviaciones en la perforación y esponjamiento en voladuras de vanas filas
- Bancos de pequeña altura.
- Ejemplos de secuenciación de voladuras en banco

6 3: VOLADURAS EN TÚNEL

- Cueles Cálculo de la carga para pequeños ángulos de rotura.
- Influencia de las desviaciones de la perforación ~ Cueles con barrenos en ángulo. Diseño de geometría y carga. ~ Cueles con barrenos paralelos. Diseño de geometría y carga.
- Esquemas de franqueo. Destroza. Zapateras. Barrenos de contorno.
- Ejemplos de secuenciación de voladuras en túnel

6.4: VOLADURAS DE CONTORNO

- Fundamentos teóricos Presión en el barreno
- Precorte
- Recorte

6 5: VOLADURAS ESPECIALES

- Voladuras en carbón
- Voladuras en zanja
- Voladuras de apertura
- Profundización de pozos
- Voladuras secundarias
- Voladuras submarinas
- Voladuras de hundimiento en abanico y método VCR (vertical cráter retreat).
- Demoliciones

BLOQUE 7: Efectos medioambientales de las voladuras. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

7.1 Conocer los tipos de ondas sísmicas producidas en las voladuras

7.2 Conocer el funcionamiento de los equipos de medida de vibraciones y su utilización práctica

7.3 Comprender el concepto de carga cooperante

7.4 Aplicar las leyes de propagación de las vibraciones

7.5 Aplicar los criterios de prevención de daños según la estructura a proteger y la frecuencia de la vibración

Aplicar la norma UNE sobre vibraciones

7.6 Conocer las técnicas de diseño y ejecución de voladuras tendentes a limitar la producción de vibraciones
7.7 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 7 8 Conocer las causas que influyen en la producción de onda aérea en las voladuras 7 9 Conocer las técnicas de diseño y ejecución de voladuras tendentes a limitar la producción de onda aérea
7.10 Conocer las causas que provocan el lanzamiento incontrolado de roca en las voladuras 7.11 Conocer las técnicas de diseño de voladuras tendentes a limitar las proyecciones

7.12 Conocer las medidas de segundad durante el disparo para evitar daños por proyecciones
CONTENIDOS
7 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.
7.2 ONDA AEREA
- Características de la onda explosiva aérea
- Valores limite de sobrepresión
- Factores que influencian la emisión de onda aérea en voladuras.
7 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. BLOQUE 8 Reglamentación y seguridad
REGLAMENTACIÓN Y PRECAUCIONES DE USO
8.1.- Conocer los aspectos más importantes de la reglamentación en vigor que se aplica a los explosivos en sus fases de fabricación, almacenamiento, comercialización, transporte y utilización
- Reglamento de explosivos Homologación de explosivos: Directiva 93/15/CEE. Almacenamiento de explosivos.
- Reglamento nacional de transporte de mercancías peligrosas por carretera. Medidas de precaución en el transporte de explosivos.
- Reglamento general de normas básicas de segundad minera. Medidas de precaución en el uso de los explosivos.

XIII - Imprevistos

Debido a que los alumnos realizan sus practicas de campo, en distintas explotaciones, donde se utiliza explosivos, se analizan todas dificultades que hace frente el alumno, conforme vayan apareciendo.

XIV - Otros

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