



ASIGNATURA: METALURGIA EXTRACTIVA		TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA					
CODIGO: 6411	UNIDADES: 4		REQUISITOS: 6421				
HORAS/SEMANA: 5	TEORIA: 3	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE: SEXTO

## PROPÓSITO

En esta materia adscrita al Departamento de Metalurgia Química, se trata de proporcionar al estudiante los conocimientos básicos referidos a la concentración de minerales y/o compuestos de interés a partir de menas ubicadas en yacimientos de la corteza terrestre. Para ello se dirige el Programa de la materia a cubrir la Reducción de Tamaños de las menas, su estudio granulométrico, determinación del grado de liberación de las partículas, los aspectos tecnológicos involucrados, las operaciones complementarias de concentración; además de estudiarse los Procesos de Beneficio de Minerales y metales de interés para Venezuela.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

### 1.- CONCEPTOS GENERALES

#### 1.1.- Objetivo General

El alumno deberá conocer los conceptos básicos habituales en la mineralurgia y comprender la importancia de los minerales dentro del contexto de la economía nacional. Además conocerá los aspectos tecnológicos y económicos que permiten cuantificar los alcances y la toma de decisiones en los procesos de concentración de minerales de interés.

#### 1.2.- Objetivos Específicos

- 1.2.1 Conozca el potencial minero de Venezuela
- 1.2.2 Conozca el campo que abarca la Metalurgia Extractiva
- 1.2.3 Conozca la terminología habitual en mineralurgia
- 1.2.4 Comprenda porqué es necesario realizar las operaciones de beneficio de minerales.
- 1.2.5 Analice diagramas de flujo típicos para el procesamiento de una mena
- 1.2.6 Conozca las principales definiciones tecnológicas que se deben tomar en cuenta a la hora de evaluar la eficiencia de un Proceso de Beneficio de Minerales, aplicadas a problemas propuestos concretos.
- 1.2.7. Analice diagramas de flujo de diferentes plantas de beneficio con la finalidad de adquirir destrezas que le permitan establecer el mejor circuito de concentración de acuerdo con las características de la mena y los recursos para un determinado beneficio de minerales.
- 1.2.8. Comprenda las ventajas que desde el punto de vista tecnológico y económico tiene el beneficio de minerales.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA /
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	--------



ASIGNATURA:		METALURGIA EXTRACTIVA		TIPO DE ASIGNATURA:		OBLIGATORIA	
CODIGO:	UNIDADES:		REQUISITOS:				
6411	4		6421				
HORAS/SEMANA:	TEORIA:	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE:
5	3	2					SEXTO

## 2.- SISTEMAS DE PARTÍCULAS

### 2.1 Objetivo General

El alumno debe ser capaz de entender y evaluar un sistema de partículas y su importancia en los procesos de beneficio y metalúrgicos siguientes.

### 2.2 Objetivos Específicos

- 2.2.1 Conozca y aplique el concepto de Liberación
- 2.2.2 Comprenda la importancia de determinar el tamaño y forma de una partícula o de un sistema de partículas.
- 2.2.3 Conozca las técnicas de determinación de tamaño por vía seca y por vía húmeda.
- 2.2.4 Sepa realizar gráficas para la presentación de la distribución de tamaños de un sistema de partículas.

## 3.- OPERACIONES DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO

### 3.1 Objetivo General

El alumno deberá comprender los conceptos relacionados con la reducción de tamaños.

### 3.2 Objetivos Específicos

- 3.2.1 Conozca las operaciones de reducción de tamaños y comprenda por qué se realizan
- 3.2.2 Conozca y comprenda las características de las operaciones de reducción de tamaños
- 3.2.3 Conozca las diferentes teorías de consumo de energía en procesos de reducción de tamaño de minerales
- 3.2.4 Conozca los diferentes equipos de trituración y principios de su funcionamiento
- 3.2.5 Seleccione trituradoras utilizando catálogos de fabricantes o fórmulas empíricas
- 3.2.6 Conozca los diferentes equipos de molienda y principios de su funcionamiento
- 3.2.7 Seleccione el molino adecuado a una capacidad y tipo de mena dada mediante catálogos
- 3.2.8 Calcule la velocidad crítica de un molino
- 3.2.9 Conozca y comprenda el mecanismo de molienda
- 3.2.10 Comprenda los circuitos de fragmentación de partículas
- 3.2.11 Calcule la energía consumida en una operación de molienda
- 3.2.12 Conozca, comprenda y maneje circuitos criba-reductor de tamaños

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA /
---------------------------------	----------------------------------	--------	--------------------	-----------



ASIGNATURA:		METALURGIA EXTRACTIVA		TIPO DE ASIGNATURA:		OBLIGATORIA	
CODIGO:	UNIDADES:		REQUISITOS:				
6411	4		6421				
HORAS/SEMANA:	TEORIA:	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE:
5	3	2					SEXTO

#### 4.- PELETIZACIÓN

##### 4.1 Objetivo General

Entienda la importancia del proceso de Peletización para los procesos extractivos posteriores, especialmente los de reducción directa en la producción de acero

##### 4.2 Objetivos Específicos

- 4.2.1 Conozca y comprenda los conceptos básicos de la peletización
- 4.2.2 Conozca todas las etapas del proceso y evalúe las variables de operación en la obtención de la pella verde y de la pella quemada
- 4.2.3 Conozca la fabricación de pellas tanto a nivel industrial como en laboratorio

#### 5.- OPERACIONES DE BENEFICIO

##### 5.1 Objetivo General

Conozca las diferentes operaciones de concentración que son aplicadas a las menas, buscando que sea capaz de definir sus principales características, alcances, equipos y funcionamiento de estos, fuerzas que intervienen, ventajas y desventajas. Las operaciones que serán vistas en este tema son: Concentración Gravitacional, Flotación, Concentración Magnética y Concentración Electroestática.

##### 5.2 Objetivos Específicos

- 5.2.1 Conozca y comprenda los fundamentos teóricos de las operaciones de beneficio: Concentración Gravitacional, Flotación, Concentración Magnética y Concentración Electroestática, siendo tratados en ese orden
- 5.2.2 Conozca los equipos que se emplean en las operaciones de beneficios antes mencionadas, buscando que el alumno alcance una idea clara acerca de los principios de su funcionamiento.
- 5.2.3 Seleccione equipos de concentración de acuerdo con la característica y/o propiedades de la mena o minerales a concentrar
- 5.2.4 Conozca los compuestos orgánicos que se emplean en flotación, siendo capaz de elegir el mejor compuesto a emplear de acuerdo con las características de la mena y la pulpa.
- 5.2.5 Comprenda los aspectos termodinámicos, los mecanismos de formación de espuma y la hipótesis que tratan de explicar la adhesión de las partículas a las burbujas, en la concentración de minerales por flotación.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA /
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	--------



<b>ASIGNATURA:</b> METALURGIA EXTRACTIVA				<b>TIPO DE ASIGNATURA:</b> OBLIGATORIA			
<b>CODIGO:</b> 6411	<b>UNIDADES:</b> 4			<b>REQUISITOS:</b> 6421			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 5	<b>TEORIA:</b> 3	<b>PRÁCTICA:</b> 2	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> SEXTO

5.2.6 Diseñe un flujograma para la separación de minerales haciendo uso de los métodos de concentración.

## 6.- OPERACIONES COMPLEMENTARIAS

### 6.1 Objetivo General

Conozca y comprenda algunas operaciones complementarias que son utilizados en los procesos de beneficio.

### 6.2 Objetivos Específicos

6.2.1 Conozca los principios, características y equipos de la filtración

6.2.2 Conozca los principios, características y equipos de la floculación y el espesamiento.

6.2.3 Conozca los principios, características y equipos de la amalgamación y la cianuración.

6.2.4 Conozca los principios de otras operaciones complementarias, lo cual se dará de acuerdo con el criterio de uso que se le esté dando en el momento que se esté tratando el tema.

## 7.- PROCESO DE BENEFICIO

### 7.1 Objetivo General

El estudiante será capaz de discutir y analizar diferentes operaciones de beneficio de minerales.

### 7.2 Objetivos Específicos

Conozca, comprenda y evalúe diferentes procesos de beneficio de minerales, especialmente para los siguientes metales y minerales: hierro, titanio, oro, zinc, carbón, magnesio, manganeso, fosfato, talco y plomo.

## CONTENIDOS

### PROGRAMA SINÓPTICO

Revisión de conceptos fundamentales. Conceptos tecnológicos y económicos en la liberación de partículas. Determinación de tamaño de partículas: trituración y molienda. Peletización. Operaciones de concentración: separación gravitacional, flotación,

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA /
---------------------------------	----------------------------------	--------	--------------------	-----------



ASIGNATURA: METALURGIA EXTRACTIVA		TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA					
CODIGO: 6411	UNIDADES: 4		REQUISITOS: 6421				
HORAS/SEMANA: 5	TEORIA: 3	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE: SEXTO

separación magnética, separación electrostática. Operaciones complementarias: filtraje, floculación, espesamiento, amalgamación, discusión de procesos para el beneficio de diferentes menas.

## TEMARIO

### 1.- CONCEPTOS GENERALES

- 1.1 Definiciones: mena, yacimiento, mina, zafra, valor, útil, ganga, concentrado, estéril, colas, tenor, tipos de menas.
- 1.2 Campos de la metalurgia.
- 1.3 Etapas para la obtención industrial de un metal, diagramas de flujo típicos.
- 1.4 Descripción general y objetivos de las operaciones de beneficio.
- 1.5 Definiciones tecnológicas: recuperación, razón de concentración, eficiencia metalúrgica, índice de selectividad, recuperación económica.
- 1.6 Resolución de problemas tecnológicos explicados a procesos de concentración.
- 1.7 Necesidad de llevar a cabo un análisis económico en mineralurgia.
- 1.8 Ventajas y desventajas tecnológicas y económicas del beneficio de minerales.
- 1.9 Evaluación económica de proyectos de beneficio de minerales.

### 2.- SISTEMAS DE PARTICULAS

- 2.1 Importancia de la caracterización de un sistema de partícula.
- 2.2 Técnica de determinación de tamaño a escala de laboratorio y escala industrial.
- 2.3 Escalas para la medición de tamaños.
- 2.4 Representación gráfica de un análisis de tamaño.
- 2.5 Tamaños promedios de partículas.
- 2.6 Área y volumen superficiales.

### 3.- OPERACIONES DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO

- 3.1 Descripción general de las operaciones de trituración y molienda.
- 3.2 Características de las operaciones de reducción de tamaño.
- 3.3 Características de la mena que tiene importancia en reducción de tamaño.
- 3.4 Fuerzas aplicadas en reducción de tamaños.
- 3.5 Teorías de consumo de energía en los procesos de reducción de tamaños.
- 3.6 Tipos de trituradoras, sus características, funcionamiento y capacidades.
- 3.7 Tipos de molino, sus características, funcionamiento y capacidades. Descripción de las características de los cuerpos moledores.
- 3.8 Definiciones de: ángulo de apartamiento, velocidad crítica, tipos de velocidad.
- 3.9 Circuitos de molienda. Consumo de potencia. Importancia del consumo de energía.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA /
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	--------



<b>ASIGNATURA:</b> METALURGIA EXTRACTIVA		<b>TIPO DE ASIGNATURA:</b> OBLIGATORIA					
<b>CODIGO:</b> 6411	<b>UNIDADES:</b> 4			<b>REQUISITOS:</b> 6421			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 5	<b>TEORIA:</b> 3	<b>PRÁCTICA:</b> 2	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> SEXTO

3.10 Circuitos abiertos y cerrado de clasificador/ reductor de tamaño.

#### 4.- PELETIZACIÓN

- 4.1 Concepto de pellas, pellas verdes y pellas quemadas.
- 4.2 Importancia de la formación de pellas en la industria siderúrgica.
- 4.3 Etapas en el proceso de peletización.
- 4.4 Aplicaciones.

#### 5.- OPERACIONES DE CONCENTRACION

##### 5.A CONCENTRACIÓN GRAVITACIONAL

- 5.1 Concentración gravitacional. Diferencia en los conceptos.
- 5.2 Movimiento de sólidos en fluidos. Caída libre y con obstáculos.
- 5.3 Clasificación: por tamaño y por gravedad; concentración en medios densos; cribas de pulsaciones; mesas y canales.

##### 5.B FLOTACIÓN

- 5.4 Descripción general del proceso de flotación.
- 5.5 Mecanismos de acción de los agentes de flotación.
- 5.6 Aspectos termodinámicos de la flotación.
- 5.7 Tecnología del proceso de flotación, hipótesis y sus técnicas que tratan de explicar la adhesión burbuja-partícula.
- 5.8 Circuitos de flotación.
- 5.9 Aplicaciones de la flotación.

##### 5.C CONCENTRACIÓN MAGNÉTICA Y ELECTROSTÁTICA

- 5.10 Principios generales de la separación magnética.
- 5.11 Clasificación de las sustancias desde el punto de vista de sus propiedades magnéticas.
- 5.12 Equipos de separación magnética.
- 5.13 Aplicaciones.
- 5.14 Características, funcionamiento y aplicaciones de la separación electrostática
- 5.15 Diseño de el mejor flujograma para la concentración de minerales de una mena dada.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA /
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	--------



<b>ASIGNATURA:</b> METALURGIA EXTRACTIVA				<b>TIPO DE ASIGNATURA:</b> OBLIGATORIA			
<b>CODIGO:</b> 6411	<b>UNIDADES:</b> 4			<b>REQUISITOS:</b> 6421			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 5	<b>TEORIA:</b> 3	<b>PRÁCTICA:</b> 2	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> SEXTO

## 6.- OPERACIONES COMPLEMENTARIAS

- 6.1 Filtraje. Aspectos técnicos, equipos, funcionamiento, tiempo de filtraje, aplicaciones
- 6.2 Espesamiento y floculación. Aspectos técnicos, descripción de los procesos, ventajas y desventajas, aplicaciones
- 6.3 Amalgamación y cianuración. Aspectos técnicos, descripción de los procesos, ventajas y desventajas, aplicaciones
- 6.4 Otras operaciones complementarias: transporte, almacenamiento y secado. Características, funcionamiento, ventajas y desventajas, aplicaciones

## 7.- PROCESOS DE BENEFICIO

División y análisis de los procesos de beneficio de: hierro, titanio, oro, zinc, carbón, magnesio, manganeso, fosfato, talco y plomo.

### REQUISITOS

El alumno deberá haber aprobado la asignatura: Procesos Metalúrgicos

### HORAS DE CONTACTO

La asignatura se dictará en dieciséis (16) períodos semanales, donde cada período consistirá en tres (3) horas de clases teóricas y dos (2) de práctica dedicadas a la solución de problemas

### PROGRAMA CRONOLOGICO

El tiempo total dedicado a la hora se distribuirá por temas de la siguiente Forma

TEMA	N° HORAS	SEMANA
1	Ocho (8)	1-3
2	Siete (7)	3-5
3	Nueve (9)	6-8
4	Tres (3)	9
5	Once (11)	10-13
6	Cuatro (4)	13-14
7	Seis (6)	15-16

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA /
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	--------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA QUÍMICA



ASIGNATURA:		METALURGIA EXTRACTIVA		TIPO DE ASIGNATURA:		OBLIGATORIA	
CODIGO:	UNIDADES:		REQUISITOS:				
6411	4		6421				
HORAS/SEMANA:	TEORIA:	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE:
5	3	2					SEXTO

Las horas prácticas se distribuirán semanalmente de acuerdo con el tema que se esté dando en las horas de teoría

### BIBLIOGRAFIA

1. **TAGGART, A. F.**, Elementos de preparación de minerales, Madrid, Editorial Interciencias, 1996.
2. **GAUDIN, A. M.**, Principales of mineral dressing, New York, McGraw-Hill, 1967.
3. **PELAEZ, E.**, Preparación y concentración de minerales, 4 volúmenes, Facultad de Ingeniería de la U.C.V., 1980.
4. **DI YORIO, C.**, Apuntes de metalurgia extractiva, Caracas, Facultad de Ingeniería de la U.C.V., Junio de 1984.
5. **TAGGART, A.**, Handbook of mineral dressing, New York, John Wiley & Sons, 1960.
6. **NEWTON, J.**, An introduction to metallurgy, New York, John Wiley & Sons, 1959.
7. **OTERO DE LA G., J. L.**, Operaciones de separación en metalurgia extractiva, Madrid, Editorial Albandra S.A., 1976.
8. **GAUDIN, A. M.**, Flotación, New York, McGraw-Hill, 9132.
9. **FUERSTENAU, D. W.**, Frot flotation, 50<sup>th</sup> Anniversary, New York, AIME, 1962.
10. **GRANT, E Y GRANT, W.**, Principles de engineering economy, New York, The Ronal Press Co., 1960.
11. **SCHAWEYER, H.E.**, Process engineering economics, New York, MacGraw-Hill, 1955.
12. **RICHARDS, R Y LOCKE, Ch.**, Textbook of ore dressing, New York, MacGraw-Hill, 1940.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA /
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	--------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA QUÍMICA



<b>ASIGNATURA:</b> METALURGIA EXTRACTIVA		<b>TIPO DE ASIGNATURA:</b> OBLIGATORIA					
<b>CODIGO:</b> 6411	<b>UNIDADES:</b> 4			<b>REQUISITOS:</b> 6421			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 5	<b>TEORIA:</b> 3	<b>PRÁCTICA:</b> 2	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> SEXTO

<b>APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:</b>	<b>APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:</b>	<b>DESDE:</b>	<b>VIGENCIA HASTA:</b>	<b>HOJA /</b>
----------------------------------------	-----------------------------------------	---------------	------------------------	---------------