



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



ASIGNATURA: PELETIZACIÓN Y SINTERIZACIÓN DE MENAS DE HIERRO				TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TÉCNICA			
CODIGO: 6450	UNIDADES: 3			REQUISITOS: 6411, 6311			
HORAS/SEMANA: 3	TEORÍA: 3	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE:

## PROPOSITO

El curso pretende dar al estudiante los conocimientos y habilidades básicas sobre la peletización de minerales de hierro, y su posterior endurecimiento mediante la Sinterización a altas temperaturas. Se analizarán los diferentes procesos actualmente en existencia en el mundo, así como las características de cada uno de ellos, sus ventajas y las variables de operación. Se estudiarán los diferentes mecanismos de formación de la pella cruda y las teorías que se han desarrollado en la sinterización tanto en estado sólido, viscoso, así como en presencia de una fase líquida.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

### 1.- CONCEPTOS GENERALES:

#### 1.1.- Objetivo General:

El estudiante adquirirá una visión general sobre el proceso de formación de pellas y su posterior quemado, así como tendrá conocimiento sobre el desarrollo e importancia del proceso en Venezuela

#### 1.2 Objetivos Específicos:

El alumno será capaz de:

- 1.2.1 Definir pella, peletización, sinterización, etc
- 1.2.2 Conocer la importancia de las pellas para los procesos siderúrgicos siguientes
- 1.2.3 Conocer el desarrollo y futuro de la peletización en Venezuela

### 2.- ETAPAS EN LA FABRICACION DE PELLAS:

#### 2.1 Objetivo General:

El alumno tendrá conocimiento sobre las diferentes etapas del proceso desde la preparación de la materia prima hasta el quemado, así como conocer las diferentes variables que afectan la calidad final de las pellas

#### 2.2 Objetivos Específicos:

El alumno será capaz de:

- 2.2.1 Conocer los diferentes tipos de hierro, aglomerantes y otros aditivos utilizados en el proceso  
Conocer los diferentes métodos y tecnologías para la preparación física de las materias primas. Ventajas y desventajas
- 2.2.2 Conocer el mecanismo de formación de núcleos y crecimiento de grano

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: PELETIZACIÓN Y SINTERIZACIÓN DE MENAS DE HIERRO</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TÉCNICA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6450	<b>UNIDADES: 3</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6411, 6311			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 3	<b>TEORÍA: 3</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b>

- 2.2.3 Visualizar los diferentes equipos de boleado, características y ventajas de cada uno, variables que afectan el proceso
- 2.2.4 Conocer los ensayos de calidad aplicado a las pellas crudas
- 2.2.5 Conocer los diferentes ciclos térmicos utilizados para el quemado de las pellas crudas
- 2.2.6 Conocer los fenómenos que ocurren en las etapas de secado, precalentamiento, quemado y enfriamiento
- 2.2.7 Analizar el efecto del coque en el ciclo térmico de las pellas
- 2.2.8 Conocer los ensayos de calidad en las pellas quemadas

### **3.- MECANISMOS DE ADHERENCIA ENTRE PARTICULAS Y AGUA**

#### **3.1.- Objetivo General:**

El estudiante conocerá los diferentes mecanismos que actúan durante la formación de la pella verde en un equipo de boleado

#### **3.2.- Objetivos Específicos:**

- 3.2.1 Conocer el fenómeno de adherencia entre las partículas y el agua
- 3.2.2 Analizar y desarrollar las ecuaciones matemáticas que gobiernan el mecanismo de adherencia
- 3.2.3 Analizar el efecto de aglomerantes como las Bentonitas y otros orgánicos en la formación de la pella cruda
- 3.2.4 Conocer los parámetros de diseño de equipos de boleado

### **4.- MECANISMOS DE ENDURECIMIENTO**

#### **4.1.- Objetivo General:**

El estudiante analizará y tendrá conocimientos de los mecanismos de endurecimiento, así como conocerá los diferentes sistemas de fases de escoria que ocurren durante la sinterización

#### **4.2.- Objetivos Específicos:**

- 4.2.1 Conocer el mecanismo de endurecimiento por formación de núcleos y crecimiento de grano
- 4.2.2 Conocer los diferentes sistemas de óxidos que se forman en la escoria
- 4.2.3 Conocer las teorías de sinterización en estado sólido, viscoso y en presencia de una fase líquida

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



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



<b>ASIGNATURA: PELETIZACIÓN Y SINTERIZACIÓN DE MENAS DE HIERRO</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TÉCNICA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6450	<b>UNIDADES: 3</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6411, 6311			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 3	<b>TEORÍA: 3</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b>

## 5.- BALANCE DE MATERIA EN SISTEMAS DE FABRICACION DE PELLAS:

### 5.1.- Objetivo General:

El estudiante desarrollará habilidades para realizar balances de materia en planta de pellas

### 5.2.- Objetivos Específicos:

El alumno será capaz de:

- 5.2.1 Calcular los flujos másicos en los diferentes puntos de una planta de pellas de minerales de hierro
- 5.2.2 Determinar las variaciones en los flujos másicos según los aditivos utilizados
- 5.2.3 Analizar el efecto de las adiciones de coque en el balance de materia
- 5.2.4 Resolver problemas prácticos

## 6.- FUNDAMENTOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR APLICADO AL QUEMADO DE LAS PELLAS:

### 6.1.- Objetivo General:

El estudiante conocerá y aplicará los fundamentos de la transferencia de calor en cargas de pellas, para diferentes tipos de equipos de quemado

### 6.2.- Objetivos Específicos:

- 6.2.1 Conocer los tipos de transferencia de calor que ocurren durante el quemado de pellas
- 6.2.2 Conocer la transferencia de calor en cargas de pellas en parrillas corredizas y hornos rotatorios
- 6.2.3 Conocer la resistencia de la carga de pella de igual tamaño por Convección
- 6.2.4 Conocer la resistencia de la carga de pellas de diferentes tamaños a la transferencia por convección

## CONTENIDO:

### PROGRAMA SINOPTICO:

Fundamentos del proceso de fabricación de pellas. Etapas en la fabricación de pellas. Mecanismos de adherencia entre las partículas y agua. Mecanismos de endurecimiento. Balance de materia en sistemas de fabricación de pellas. Fundamentos de la transferencia de calor aplicado al quemado de pellas.

## TEMARIO:

### 1. FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE FABRICACION DE PELLAS

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: PELETIZACIÓN Y SINTERIZACIÓN DE MENAS DE HIERRO</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TÉCNICA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6450	<b>UNIDADES: 3</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6411, 6311			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 3	<b>TEORÍA:</b> 3	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b>

- 1.1 Definiciones de pella, peletización, sinterización
- 1.2 Importancia de la peletización en la siderúrgica y en otros procesos
- 1.3 Desarrollo de la peletización en Venezuela

## 2.- ETAPAS EN LA FABRICACION DE PELLAS

- 2.1 Menas de hierro. Tipos de óxidos de hierro. Depósitos en Venezuela
- 2.2 Tipos de aglomerantes y aditivos. Uso del Coke
- 2.3 Preparación de las materias primas: molienda, secado, homogeneización. Concentración de cuarcitas
- 2.4 Formación de núcleos y crecimiento de granos durante la peletización
- 2.5 Equipos de boleado: tambor y disco peletizador. Características. Ventajas y desventajas. Variables de operación
- 2.6 Ensayos de calidad en pellas crudas
- 2.7 Ciclos de tratamientos térmicos para diferentes tipos de menas de hierro
- 2.8 Fenómenos que ocurren en cada etapa: secado, precalentamiento, quemado y enfriamiento. Variables de operación
- 2.9 Efecto del coke en la sinterización de las pellas
- 2.10 Ensayos de calidad en pellas quemadas

## 3.- MECANISMOS DE ADHERENCIA ENTRE LAS PARTICULAS Y AGUA:

- 3.1 Análisis del fenómeno de adherencia. Tipos de enlaces partícula/agua
- 3.2 Ecuaciones matemáticas de la resistencia mecánica de las pellas crudas en función de variables de las materias primas y de operación
- 3.3 Efecto de los aglomerantes: Bentonita cálcica. Bentonita Sódica y Magnesiana. Peridur. Otros
- 3.4 Parámetros de diseño de equipos de boleado principales: disco y tambor peletizador

## 4.- MECANISMOS DE ENDURECIMIENTO:

- 4.1 Fenómeno de sinterización por nucleación y crecimiento de granos
- 4.2 Fenómeno de sinterización por formación de fases escoria. Análisis de diversos sistemas de óxidos
- 4.3 Sinterización en estado sólido, viscoso, en presencia de una fase líquida. Modelos del grado de encogimiento. Velocidad de penetración.

## 5.- BALANCE DE MATERIA EN SISTEMAS DE FABRICACION DE PELLAS:

- 5.1 Ejemplo de balance de materia en planta de pellas hematíticas, magnetítica, limoníticas y de lateritas ferruginosa. Determinación de flujos másicos
- 5.2 Variación en los flujos másicos en función de cambios en el sistema: tipos de dosis de aditivos y aglomerantes, granulometría, etc

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: PELETIZACIÓN Y SINTERIZACIÓN DE MENAS DE HIERRO</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TÉCNICA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6450	<b>UNIDADES: 3</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6411, 6311			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 3	<b>TEORÍA: 3</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b>

5.3 Efecto de la adición de coque en los balances de materia

5.4 Resolución de problemas

**6.- FUNDAMENTOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR APLICADO AL QUEMADO DE PELLAS:**

6.1 Tipos de transferencias de calor: conducción, convección y radiación. Grado de influencia de cada tipo a la carga de pellas

6.2 Transferencia de calor en equipos de quemado: parrillas corredizas y horno rotatorio

6.3 Resistencia de la carga de pellas de igual tamaño

6.4 Resistencia de la carga de pellas de diferentes tamaños

**EVALUACION**

Se realizarán tres (3) exámenes parciales.

Trabajo Escrito y Exposición.

Los exámenes parciales corresponderán al 80% de la nota total y el trabajo final el 20%

**REQUISITOS:**

Metalurgia Extractiva (6411) y Metalurgia Física I (6311)

**HORAS DE CONTACTO:**

Tres (3) horas de teoría a la semana.

**PROGRAMACION CRONOLOGICA:**

Unidad 1: 3 horas

Unidad 2: 9 horas

Unidad 3: 6 horas

Unidad 4: 6 horas

Unidad 5: 6 horas

Unidad 6: 6 horas

**BIBLIOGRAFIA:**

1.- K. Meyer, Pelletizing of Iron Ores. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York. 1980

2.- R. Schuhmann, Metallurgical Engineering Principles. Adison-Wesley Publishing Company, Inc, London, Vol V. 1952

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: PELETIZACIÓN Y SINTERIZACIÓN DE MENAS DE HIERRO</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA:</b> ELECTIVA TÉCNICA			
<b>CODIGO:</b> 6450	<b>UNIDADES: 3</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6411, 6311			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 3	<b>TEORÍA: 3</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b>

- 3.- A. Butts, Metallurgical Problems, McGraw-Hill Book Company. New York. Second Edition. 1943
- 4.- W. Kingery, H. Bowen y D. Uhlmann, Introducción a la Cerámica. A Wiley-Interscience publication. New York, Second Edition. 1975
- 5.- J. Reed. Introduction to the Principles of Ceramic Processing. Jhon Wiley and Sons. New York. 1987
- 6.- Informes Técnicos de Lurgi GmbH. Alemania y del Centro de Investigaciones de Sidor.
- 7.- Allis Chalmers. Estudios de Peletización del Mineral de Hierro de San Isidro, Venezuela. Ensid-Lourbevoid. Francia. 1984.
- 8.- C Di Yorio. Influencia de la Basicidad Binaria. Temperatura y tiempo de quemado sobre las propiedades finales de pellas fabricadas a partir de mezclas de minerales de hierro. Tesis de Maestría. Escuela de Metalurgia. U.C.V..1993.

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