



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



<b>ASIGNATURA: SIDERURGIA</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6424	<b>UNIDADES: 5</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6412			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA: 4</b>	<b>PRÁCTICA: 2</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> OCTAVO

## PROPOSITO

La finalidad de esta materia es que el estudiante adquiera los conocimientos de los procesos industriales aplicados a la fabricación de acero desde la reducción del mineral hasta la obtención de productos siderúrgicos primarios.

## OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE

Los objetivos del aprendizaje de esta signatura son:

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Objetivos Generales

El alumno será capaz de comprender la importancia de la producción de acero a nivel mundial y su impacto en la economía.

#### 1.2 Objetivos Específicos

- 1.1.1 Definir la importancia del acero en la economía nacional
- 1.1.2 Describir las materias primas usadas en la industria siderúrgica
- 1.1.3 Enumerar las etapas principales del desarrollo de la fabricación de aceros
- 1.1.4 Describir los métodos de obtención y clasificación de los aceros
- 1.1.5 Definir que son los materiales refractarios

### 2. REDUCCIÓN DIRECTA

#### 2.1 Objetivos Generales

El alumno será capaz de describir y diferenciar cada una de las partes constituyentes de cada proceso desde el punto de vista del diseño, termodinámica y cinética involucrada.

#### 2.2 Objetivos Específicos

- 2.2.1 Describir las partes, funciones, reacciones, uso y mantenimiento de los Altos Hornos usados para la producción de arrabio.
- 2.2.2 Establecer las características de las materias primas usadas en los altos hornos, hornos eléctricos de reducción y procesos de reducción directa.
- 2.2.3 Identificar las partes, funciones y reacciones, los aspectos termodinámicos y cinéticos presentes en los hornos eléctricos de reducción.
- 2.2.4 El estudiante podrá describir el proceso de fabricación de ferroaleaciones.
- 2.2.5 Describir los diferentes métodos industriales venezolanos usados para la fabricación del hierro-esponja, pasando desde el diseño de los reactores hasta los aspectos cinéticos y termodinámicos que se involucra en los procesos mencionados.

<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: SIDERURGIA</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6424	<b>UNIDADES:</b> 5			<b>REQUISITOS:</b> 6412			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA:</b> 4	<b>PRÁCTICA:</b> 2	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> OCTAVO

### 3. ESCORIAS DE ACERÍA

#### 3.1 Objetivos Generales

El alumno será capaz de conocer los elementos formadores de las escorias, su importancia en los procesos de acería, su estructura, su composición (acidez y basicidad) y también las propiedades físicas, así como las diversas teorías existentes usadas para explicar el equilibrio entre el metal y las escorias.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- 3.2.1 El alumno debe ser capaz de identificar los componentes formadores de la escoria.
- 3.2.2 Podrá establecer un patrón para saber si las escorias son ácidas o básicas.
- 3.2.3 Podrá aplicar los conocimientos adquiridos en otras asignaturas para calcular actividades de componentes en la escoria.
- 3.2.4 Describir los diferentes mecanismos o teorías de escorias aplicadas al estudio del azufre y fósforo.
- 3.2.5 Establecer la importancia de las propiedades de las escorias al estudio del azufre y fósforo.

### 4. EQUIPOS Y PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN DE ACEROS

#### 4.1 Objetivos Generales

El alumno será capaz de conocer, describir y diferenciar los procesos de acería más importantes, establecer sus ventajas, así como, describir el comportamiento de los diferentes elementos que forman el acero desde el punto de vista termodinámico y cinético.

#### 4.2 Objetivos Específicos

- 4.2.1 Clasificar los procesos de acería en base al requerimiento de energía (oxígeno).
- 4.2.2 Describir los procesos neumáticos y no neumáticos más importantes (Siemens-Martin, Oxiconvertidores, H.E.A. otros) desde la materia prima usada, operación, mantenimiento y calidad del acero final.
- 4.2.3 Estudiar la cinética y termodinámica de las reacciones más importantes que ocurren en el proceso de acería: Reacción Carbón-Oxígeno, Desulfuración y Desfosforación.
- 4.2.4 Describir el comportamiento del manganeso, silicio, cromo, hidrógeno y nitrógeno, desde el punto de vista de eliminación y de recuperación.

<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: SIDERURGIA</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6424	<b>UNIDADES: 5</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6412			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA: 4</b>	<b>PRÁCTICA: 2</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> OCTAVO

## 5 DESGASIFICACIÓN DEL ACERO E INCLUSIONES

### 5.1 Objetivos Generales

El alumno será capaz de describir la influencia del oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, otros en la calidad del acero final; pasando desde la etapa de contaminación hasta la eliminación, estudiando la cinética y termodinámica de estos elementos en el metal y las técnicas industriales usadas para su eliminación. También podrá identificar las inclusiones formadas, su posible eliminación y las propiedades que afectan.

### 5.2 Objetivos Específicos

5.2.1 Describir el comportamiento del oxígeno, hidrógeno y nitrógeno en el acero, indicando los datos termodinámicos y cinéticos para cada caso.

5.2.2 Describir los métodos industriales más importantes usados para la eliminación de los gases (gases inertes, vacío, escoria sintética, etc.).

5.2.3 Establecer las ventajas y desventajas en cada uno de éstos métodos industriales.

5.2.4 Calcular el volumen de gas inerte ó presión de vacío necesario para bajar en un cierto grado el contenido en el acero de algunos de los gases perjudiciales.

5.2.5 Identificar las inclusiones formadas en el acero (metálicas y/o no metálicas) y establecer las condiciones y patrones para asegurar su eliminación del acero.

## 6. DESOXIDACIÓN Y ALEACIÓN DEL ACERO

### 6.1 Objetivos Generales

El alumno será capaz de conocer los mecanismos de reducción del contenido de oxígeno en los aceros usando desoxidantes, y aprenderá a efectuar cálculos de la cantidad de desoxidante requerido de acuerdo a la termodinámica del proceso. Así mismo el estudiante estará en capacidad de calcular la cantidad de gases inertes requerida en el caso de usar diluidores y la presión de vacío en caso de usar esta técnica para desoxidar.

### 6.2 Objetivos Específicos

6.2.1 Describir la termodinámica de la desoxidación indicando el comportamiento de los tres agentes más usados (silicio, manganeso, aluminio).

6.2.2 Establecer el orden de adición de los desoxidables en función de los requisitos finales del acero así como la cantidad requerida.

6.2.3 Estudiar la desoxidación con productos gaseosos tales como la técnica de vacío, o mediante el uso de diluidores.

6.2.4 Describir la técnica de desoxidación por difusión y con escorias sintéticas.

6.2.5 Describir la diferencia entre aceros calmados, semicalmados y efervescentes.

<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: SIDERURGIA</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6424	<b>UNIDADES: 5</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6412			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA: 4</b>	<b>PRÁCTICA: 2</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> OCTAVO

## 7. COLADA Y SOLIDIFICACION DEL ACERO

### 7.1 Objetivos Generales

El alumno debe ser capaz de describir el proceso de solidificación de un lingote de acero.

### 7.2 Objetivos Específicos

7.1.1 Describir el fenómeno de solidificación en las lingoteras identificando las zonas, defectos, correcciones, etc.

7.1.2 Describir los equipos de colada continua, indicando las partes, controles, mantenimiento, etc.

7.1.3 Describir los aspectos metalúrgicos de la máquina como la velocidad de colada, temperatura de colada, velocidad de extracción, velocidad de enfriamiento, etc.

7.1.4 Describir los aspectos metalúrgicos de la colada en lingoteras.

7.1.5 Describir la estructura del lingote solidificado para los aceros calmados, semicalmados y efervescentes.

7.1.6 Describir los defectos externos e internos que se presentan en el producto colado en continuo.

7.1.7 Comparar los defectos de la colada convencional y la continua, indicando causas y correcciones.

## EVALUACION

La evaluación constará de tres exámenes parciales que serán distribuidos de la siguiente manera:

Primer Examen Parcial: Temas 1, 2 y 3

Segundo Examen Parcial: Temas 4 y 5

Tercer Examen Parcial: Temas 6 y 7

## CONTENIDO

### PROGRAMA SINOPTICO

Introducción. Reducción directa de mineral de hierro. Escorias. Equipos y procesos para la fabricación de aceros. Gases e inclusiones no metálicas del acero. Desoxidación y aleaciones del acero. Colada y solidificación del acero.

<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: SIDERURGIA</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6424	<b>UNIDADES:</b> 5			<b>REQUISITOS:</b> 6412			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA:</b> 4	<b>PRÁCTICA:</b> 2	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> OCTAVO

## TEMARIO

### 1. INTRODUCCION

- 1.1 Importancia del acero en la economía nacional
- 1.2 Materias primas usadas en la industria siderúrgica
- 1.3 Etapas principales del desarrollo de la fabricación de aceros
- 1.4 Métodos de obtención y clasificación de los aceros
- 1.5 Materiales refractarios

### 2. REDUCCION DEL MINERAL DE HIERRO

- 2.1 Alto horno
  - 2.1.1 Descripción del alto horno (partes, funciones y reacciones)
  - 2.1.2 Fundamentos termodinámicos en el alto horno
- 2.2 Fabricación de arrabio en hornos eléctricos de reducción
  - 2.2.1 Partes, funciones, reacciones
  - 2.2.2 Fundamentos termodinámicos del H.E de reducción
  - 2.2.3 Fabricación de ferroaleaciones
- 2.3 Reducción directa
  - 2.3.1 Procesos de reducción directa
  - 2.3.2 Aspectos termodinámicos y cinéticos de la reducción directa

### 3. ESCORIAS

- 3.1 Fuentes, papel, estructura y composición de las escorias
- 3.2 Acidez y Basicidad
- 3.3 Soluciones, interacciones, actividad
- 3.4 Teorías de Escorias
- 3.5 Propiedades de las escorias
- 3.6 Escorias de acería

### 4. EQUIPOS Y PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN DE ACEROS

- 4.1.1 Hornos de hogar abierto, oxiconvertidores, hornos eléctricos, otros.
- 4.1.2 Termodinámica y Cinética
  - 4.2.1.1 Oxidación del carbono
  - 4.2.1.2 Oxidación y reducción del Si
  - 4.2.1.3 Oxidación y reducción del Mn
  - 4.2.1.4 Oxidación y reducción del P
  - 4.2.1.5 Oxidación y reducción del Cr
  - 4.2.1.6 Eliminación del azufre
  - 4.2.1.7 Oxidación del hierro

<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: SIDERURGIA</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6424	<b>UNIDADES: 5</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6412			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA: 4</b>	<b>PRÁCTICA: 2</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> OCTAVO

## 5. GASES E INCLUSIONES NO METALICAS EN EL ACERO

- 5.1 Gases en el acero
  - 5.1.1 Oxígeno
  - 5.1.2 Hidrógeno
  - 5.1.3 Nitrógeno
  - 5.1.4 Otros
- 5.2 Eliminación de los gases del metal
  - 5.2.1 Gases inertes
  - 5.2.2 Vacío
  - 5.2.3 Otros métodos industriales
- 5.3 Cinética y termodinámica de la desgasificación
  - 5.3.1 Inclusiones no metálicas en el acero
  - 5.3.2 Formación y eliminación de inclusiones
  - 5.3.3 Influencia de los gases e inclusiones en las propiedades del acero

## 6. DESOXIDACION Y ALEACION DEL ACERO

- 6.1 Desoxidación y aleación del acero
  - 6.1.1 Termodinámica con productos sólidos o líquidos
  - 6.1.2 Cálculo de la cantidad de desoxidantes
- 6.2 Desoxidación con productos gaseosos
  - 6.2.1 Durante la decarburación
  - 6.2.2 Por vacío
  - 6.2.3 Uso de diluidores (argón)
- 6.4 Desoxidación por difusión
- 6.5 Desoxidación con escorias sintéticas
- 6.6 Aleación y desoxidación simultánea
- 6.7 Aceros calmados, semicalmados y efervescentes

## 7. COLADA Y SOLIDIFICACION DEL ACERO

- 7.1 Equipos para la colada
  - 7.1.1 Aceros calmados
  - 7.1.2 Aceros efervescentes
  - 7.1.3 Aceros semicalmados
- 7.2 Solidificación del lingote de acero
  - 7.2.1 Aceros calmados
  - 7.2.2 Aceros efervescentes
  - 7.2.3 Aceros semicalmados
- 7.3 Defectos más comunes del acero colado en lingoteras

<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: SIDERURGIA</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6424	<b>UNIDADES: 5</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6412			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA: 4</b>	<b>PRÁCTICA: 2</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE: OCTAVO</b>

- 7.4 Colada continua
  - 7.4.1 Tipos y partes de las máquinas de colada continua
  - 7.4.2 Aspectos metalúrgicos de la colada continua
- 7.5 Calidad del acero colado por colada continua

### REQUISITOS

1. Formales: haber aprobado la asignatura Metalurgia de Altas Temperaturas (6412)
2. Académicos: conceptos básicos de termodinámica metalúrgica, fisicoquímica y cinética, cálculos de balances de carga y calor, etc.

### HORAS DE CONTACTO

La asignatura se dictará en 16 semanas con una carga académica de 4 horas semanales.

### PROGRAMACION CRONOLOGICA

El tiempo total destinado a esta asignatura se distribuirá así:

TEMAS	HORAS
1. INTRODUCCIÓN	2
2. REDUCCION DE MINERAL DE HIERRO.	12
3. ESCORIAS	8
4. EQUIPOS DE FABRICACION DE ACEROS	12
5. GASES E INCLUSIONES EN LOS ACEROS	10
6. DESOXIDACION, DESGASIFICACION Y ALEACION DEL ACERO	10
7. SOLIDIFICACION Y COLADA CONTINUA	10

### BIBLIOGRAFIA

Se darán apuntes en clase, guías elaboradas por el profesor, como material de apoyo y los textos de consulta y referencia que se encuentran disponibles en la Biblioteca de la Escuela:

1. The Making, Shaping and Treating of Steel: Ninth Edition. McGannon, Harold E. (1971)
2. Fabricación de aceros al oxígeno, Edit. Urmo, Autor: A. Jackson
3. Ingeniería Metalúrgica, Autor: Shuman.
4. Metalurgia del acero, U.A. Kudring, Editorial Mir.
5. Colada continua del acero-Ilafa

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: SIDERURGIA</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:</b> 6424	<b>UNIDADES: 5</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6412			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA: 4</b>	<b>PRÁCTICA: 2</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> OCTAVO

**TEXTOS DE CONSULTA:**

1. R.G. Ward. "An introduction to the physical chemistry of iron and steel making"
2. Bodsworth and Bell. "Physical chemistry of iron and steel manufacture"
3. Apraíz Barreiro "Fabricación de acero, hierro y fundiciones", Tomo I y II, Editorial Urmo, España.

**REFERENCIAS**

1. Fabricación de aceros a oxígeno. Edit. Urmo, Autor: A. Jackson
2. Ingeniería Metalúrgica, Autor: Shuman
3. Metalurgia del acero, U.A. Kudring, Editorial Mir
4. Colada continua del acero-Ilafa
5. Álbum de defectos en lingotes-Ilafa.

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