



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA FÍSICA



ASIGNATURA: SOLIDIFICACION				TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TECNICA			
CODIGO:6337	UNIDADES: 3			REQUISITOS: 6312,6423			
HORAS/SEMANA: 3 h	TEORIA : 3 h	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4	SEMESTRE: Noveno

## PROPÓSITO

El propósito de este curso es el de proporcionar al estudiante los conceptos básicos esenciales para entender el fenómeno de solidificación de metales y aleaciones, empleando para ello, los conocimientos de termodinámica, transferencia de masa y calor, adquiridos en cursos anteriores. Con los conocimientos adquiridos durante el curso de esta asignatura, el estudiante será capaz de analizar defectos presentes en lingotes y/o piezas, así como también, correlacionar las condiciones de enfriamiento con las características microestructurales y las propiedades mecánicas deseadas.

## OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE

### TEMA 1. TRANSFERENCIA DE CALOR EN PROCESOS DE SOLIDIFICACIÓN

#### Objetivo general:

Proporcionar al estudiante la noción del proceso de solidificación como resultado de un proceso de transferencia de calor.

#### Objetivos específicos:

- 1.1. Aplicar los conceptos de transferencia de calor a la resolución de problemas de solidificación.
- 1.2. Proporcionar al estudiante las nociones fundamentales de los métodos analíticos y numéricos de determinación de temperatura, considerando las simplificaciones físicas involucradas.

### TEMA 2. SEGREGACIÓN DE SOLUTO

#### Objetivo general:

Establecer las condiciones bajo las cuales ocurren la acumulación de soluto en la interfase sólido – líquido, así como también los parámetros que controlan tanto la microsegregación como la macrosegregación.

#### Objetivos específicos:

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 1 / 7
---------------------------------	----------------------------------	--------	--------------------	---------------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA FÍSICA



ASIGNATURA: SOLIDIFICACION				TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TECNICA			
CODIGO:6337	UNIDADES: 3			REQUISITOS: 6312,6423			
HORAS/SEMANA: 3 h	TEORÍA : 3 h	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4	SEMESTRE: Noveno

- 2.1. Correlacionar el concepto de coeficiente de partición con la variación de las composiciones del líquido y del sólido en equilibrio en la interfase.
- 2.2. Analizar el fenómeno de redistribución de soluto bajo condiciones de equilibrio y no equilibrio.
- 2.3. Analizar el fenómeno de segregación y su efecto a nivel microestructural y macroestructural.

Establecer los mecanismos de avance en la interfase y su correlación con los modos de crecimiento a nivel atómico.

### TEMA 3. ESTABILIDAD DE LA INTERCARA SÓLIDO – LÍQUIDO

#### Objetivo General:

Establecer las condiciones de enfriamiento necesarias para la inestabilidad de la interfase plana mediante la teoría del subenfriamiento constitucional

#### Objetivos Específicos:

- 3.1 Introducir los principios fundamentales de la teoría del subenfriamiento constitucional
- 3.2 Conocer los principios fundamentales de la teoría de la estabilidad de la interfase plana

### TEMA 4. ESTRUCTURAS DE SOLIDIFICACION

#### Objetivo General:

Conocer las características principales de las estructuras de los lingotes y los fenómenos físicos que controlan la formación tanto de las microestructuras como de las macroestructuras de lingotes.

#### Objetivos Específicos:

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 2 / 7
---------------------------------	----------------------------------	--------	--------------------	---------------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA FÍSICA



ASIGNATURA: SOLIDIFICACION				TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TECNICA			
CODIGO:6337	UNIDADES: 3			REQUISITOS: 6312,6423			
HORAS/SEMANA: 3 h	TEORÍA : 3 h	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4	SEMESTRE: Noveno

- 4.1 Correlacionar las condiciones de enfriamiento necesarios para la inestabilidad del frente plano con los modos de crecimiento celular y dendrítico, mediante la teoría del subenfriamiento constitucional
- 4.2 Considerar las condiciones para la formación de las distintas zonas que conforman la estructura de un lingote.

**TEMA 5. SOLIDIFICACION DE ALEACIONES MONOFASICA Y POLIFASICAS**

Objetivo General:

Caracterizar las morfologías de crecimiento de aleaciones monofásicas y polifásicas de acuerdo a las condiciones de enfriamiento, y establecer mecanismos de avance de cada fase con la presencia de diferentes morfologías.

Objetivos Específicos:

- 5.1 Establecer las condiciones para el avance de un frente bifásico de tipo de lamina, producto de una reacción eutéctica
- 5.2 Correlacionar los mecanismos de avance de cada fase con la presencia de diferentes morfologías eutécticas y su aplicación en sistemas de interés industrial
- 5.3 Conocer los mecanismos de crecimiento que ocurren en una reacción peritética, bajo condiciones de equilibrio
- 5.4 Analizar las condiciones bajo las cuales ocurre la reacción monotética y algunos sistemas de aleaciones

**TEMA 6. FORMACION DE DEFECTOS DURANTE LA SOLIDIFICACION**

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 3 / 7
---------------------------------	----------------------------------	--------	--------------------	---------------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA FÍSICA



ASIGNATURA: SOLIDIFICACION				TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TECNICA			
CODIGO:6337	UNIDADES: 3			REQUISITOS: 6312,6423			
HORAS/SEMANA: 3 h	TEORÍA : 3 h	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4	SEMESTRE: Noveno

Objetivo General:

Correlacionar los mecanismos de solidificación con la presencia de defectos en piezas y/o lingotes

Objetivos Específicos:

- 6.1 Analizar las condiciones para la formación de porosidades y rechupes en las piezas fundidas
- 6.2 Analizar el fenómeno de segregación y su efecto a nivel microestructural y macroestructural
- 6.3 Conocer las diversas causas de las inclusiones no metálicas
- 6.4 Considerar las medidas a poner en práctica para prevenir los defectos en las piezas fundidas y/o lingotes.

**EVALUACION:**

Se realizará sobre la base de:

- Una prueba de conocimientos al finalizar cada tema, lo que constituirá el 60% de la nota final
- Un trabajo practico individual, que consistirá en el desarrollo de uno de los siguientes temas, ú otro relacionado con la asignatura:
  - Solidificación Rápida
  - Solidificación Unidireccional
  - Refinamiento de grano en aleaciones de aluminio
  - Modificación del Eutéctico Al-Si
  - Análisis Térmico

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 4 / 7
---------------------------------	----------------------------------	--------	--------------------	---------------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA FÍSICA



ASIGNATURA: SOLIDIFICACION				TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TECNICA			
CODIGO:6337	UNIDADES: 3			REQUISITOS: 6312,6423			
HORAS/SEMANA: 3 h	TEORÍA : 3 h	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4	SEMESTRE: Noveno

- Porosidades en metales colados
- Tratamientos térmicos de homogenización
- Fundiciones ADI (Austempering Ductile Iron)

el trabajo será fijado al estudiante en el primer mes de actividades y tendrá un valor de 40%

### CONTENIDO:

#### 1. PROGRAMA SINOPTICO:

Transferencia de calor en procesos de solidificación. Segregación de solutos. Estructuras de solidificación. Estabilidad de la interfase sólido-líquido. Solidificación de aleaciones monofásicas y polifásicas. Formación de defectos durante la solidificación.

#### 2. TEMARIO:

##### TEMA 1: TRANSFERENCIA DE CALOR EN PROCESOS DE SOLIDIFICACIÓN

Soluciones matemáticas al problema de solidificación. Soluciones exactas. Soluciones aproximadas. Solución de Schwartz. Soluciones numéricas. Métodos en diferencias finitas. Métodos de elementos de contorno. Técnicas de volumen de control. Aplicaciones y limitaciones de los diferentes métodos.

##### TEMA 2: SEGREGACIÓN DE SOLUTOS

Coefficiente de distribución de soluto. Modelos de segregación. Microsegregación. Modelos de microsegregación. Macrosegregación. Modelos de macrosegregación. Aplicaciones

##### TEMA 3: ESTRUCTURAS DE SOLIDIFICACIÓN

Teoría del subenfriamiento constitucional. Teorías de la estabilidad de la intercara sólido-líquido. Criterios de estabilidad. Cálculo de la zona subenfriada constitucionalmente. Aplicaciones.

##### TEMA 4: ESTABILIDAD DE LA INTERFASE SÓLIDO-LÍQUIDO

Estructuras de solidificación. Estructura de lingotes. Macroestructuras. Zona chill. Zona columnar. Zona equiaxial. Microestructuras. Microestructura celular. Microestructura celular-dentrítica.

##### TEMA 5: SOLIDIFICACIÓN DE ALEACIONES MONÓFASICAS Y POLIFÁSICAS

Solidificación de metales puros. Solidificación de aleaciones eutécticas. Solidificación de aleaciones peritéticas. Solidificación de aleaciones monotéticas.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 5 / 7
---------------------------------	----------------------------------	--------	--------------------	---------------



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA FÍSICA**



<b>ASIGNATURA: SOLIDIFICACION</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TECNICA</b>			
<b>CODIGO:6337</b>	<b>UNIDADES: 3</b>			<b>REQUISITOS: 6312,6423</b>			
<b>HORAS/SEMANA: 3 h</b>	<b>TEORIA : 3 h</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4</b>	<b>SEMESTRE: Noveno</b>

**TEMA 6: FORMACIÓN DE DEFECTOS DURANTE LA SOLIDIFICACIÓN**  
Porosidades. Segregación. Rechupes. Inclusiones no metálicas.

**REQUISITOS:**

Para cursar la materia el alumno deberá haber aprobado las asignaturas: Metalurgia Física II y Fenómenos de Transporte.

**HORAS DE CONTACTO:**

La asignatura se dictará en un periodo semanal de tres (03) horas.

**PROGRAMACION CRONOLOGICA:**

**TEMA 1: 6 Horas**

- TEMA 2: 9 Horas
- TEMA 3: 9 Horas
- TEMA 4: 9 Horas
- TEMA 5: 9 Horas
- TEMA 6: 6 Horas

**BIBLIOGRAFIA:**

- BIDULYA P., "Steel Foundry Practice". Peace Publishers. Moscu. 1975
  - CAHN R. W., "Physical Metallurgy". North-Holland Publishing Company. Amsterdam. 1970.
  - CHALMERS B., "Principles of Solidification". Jhon Wiley and Sons. New York. 1964.
  - FLEMINGS M. C., "Solidification Processing". McGraw-Hill Book Company. New York. 1974.
  - VERHOEVEN J. D., "Fundamentos de Metalurgia Física". Limusa S.A. Mexico. D.F. 1987.
- AMERICAN SOCIETY OF METALS, "Metals Handbook

<b>APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:</b>	<b>APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:</b>	<b>DESDE:</b>	<b>VIGENCIA HASTA:</b>	<b>HOJA 6 / 7</b>
--	---	---------------	------------------------	-----------------------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA  
DEPARTAMENTO DE METALURGIA FÍSICA



ASIGNATURA: SOLIDIFICACION

TIPO DE ASIGNATURA: ELECTIVA TECNICA

CODIGO:6337

UNIDADES: 3

REQUISITOS:

6312,6423

HORAS/SEMANA:  
3 h

TEORÍA : 3 h

PRÁCTICA:

LABORATORIO:

SEMINARIO:

TRABAJO  
SUPERVISADO:

HORAS TOTALES  
DE ESTUDIO: 4

SEMESTRE:  
Noveno

APROBADO EN CONSEJO DE  
ESCUELA:

APROBADO EN CONSEJO DE  
FACULTAD:

DESDE:

VIGENCIA  
HASTA:

HOJA  
7 / 7