



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



<b>ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:6312</b>	<b>UNIDADES:4</b>			<b>REQUISITOS: 6311,0254</b>			
<b>HORAS/SEMANA: 4</b>	<b>TEORÍA:4</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6</b>	<b>SEMESTRE: sexto</b>

**PROPOSITO**

Los alumnos que tienen los requisitos para cursar esta materia, ya conocen la relación entre la estructura y las propiedades de los metales o aleaciones, pero no saben como cambiar su estructura y de esta manera poder así controlar este conocimiento y éste es el propósito que persigue esta asignatura.

En general, se propone darle orientación al alumno en relación con los tres aspectos siguientes:

1. -¿Cuáles son los principales métodos para transformar la estructura de los metales o aleaciones?
2. -¿Cómo se puede optimizar cada uno de los métodos de transformación de estructura (es decir describir: cualitativamente y cuantitativamente de cada uno de los métodos)?
3. -¿Cómo extrapolar este conocimiento a los problemas industriales?

Esta asignatura es requisito y prelación de la materia Tratamientos Térmicos, en donde se analizan las técnicas experimentales (ó industriales) utilizadas en las transformaciones o cambios de estructura en los metales o aleaciones.

**OBJETIVOS DE APRENDIZAJE**

**1.-SOLIDIFICACIÓN:**

1.1.-Objetivo General: El alumno será capaz de:

1.1.1.-Determinar los fundamentos generales en las etapas de nucleación y crecimiento de la solidificación.

1.1.2.-Describir en forma cualitativa y cuantitativa la solidificación de: metales puros, aleaciones diluidas eutécticos, aleaciones no diluidas ( solidificación de lingotes ).

1.1.3.-Identificar y describir los defectos que se originan en los procesos de solidificación y por consiguiente poder así controlar o evitar estos defectos en los procesos industriales.

1.1.4.-Aplicar los conceptos y principios físicos aprendidos en la resolución de problemas en el área de solidificación.

1.2.-Objetivos Específicos: El alumno será capaz de:

1.2.1.-Definir la solidificación.

1.2.2.-Establecer la importancia de la solidificación.

1.2.3.-Definir físicamente un núcleo en la solidificación.

1.2.4.-Explicar el significado de subenfriamiento térmico.

1.2.5.-Establecer la barrera para la nucleación.

1.2.6.-Calcular el cambio de energía libre de Gibbs (total) para la formación de racimos de átomos de sólido en el líquido.

1.2.7.-Establecer la diferencia entre el núcleo subcrítico y crítico.

1.2.8.-Calcular el radio crítico para un núcleo esférico que se forma de manera homogénea.

1.2.9.-determinar el cambio de energía libre de Gibbs asociado con la formación homogénea de un núcleo esférico de tamaño crítico.

1.2.10.-Deducir la ecuación del cambio de energía libre de Gibbs por unidad de volumen como una función del subenfriamiento.

1.2.11.-Definir a r (tamaño de racimo más grande)

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 1/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	---------------



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



<b>ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:6312</b>	<b>UNIDADES:4</b>			<b>REQUISITOS:</b> 6311,0254			
<b>HORAS/SEMANA:</b> 4	<b>TEORÍA:4</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6</b>	<b>SEMESTRE:</b> sexto

- 1.2.12.-Establecer como varía el radio crítico y el tamaño de racimo más grande como una función del subenfriamiento.
- 1.2.13.-Justificar el subenfriamiento requerido para la nucleación homogénea.
- 1.2.14.-Definir velocidad de nucleación homogénea.
- 1.2.15.-Calcular la concentración del número de núcleos de tamaño crítico.
- 1.2.16.-Calcular la frecuencia de salto de los átomos del líquido al núcleo sólido.
- 1.2.17.-Calcular la velocidad de nucleación homogénea.
- 1.2.18.-Justificar porque ocurre la nucleación en forma heterogénea.
- 1.2.19.-Calcular el cambio de energía libre de superficie asociado con un núcleo de forma de casquete esférico que ocurre de manera heterogénea.
- 1.2.20.-Calcular el cambio de energía libre total asociado con un núcleo que tiene una morfología de casquete esférico y que se forma de manera heterogénea.
- 1.2.21.-Calcular el radio crítico heterogéneo.
- 1.2.22.-Determinar el cambio de energía libre de Gibbs asociado con la formación heterogénea de un núcleo de tamaño crítico.
- 1.2.23.-Establecer las diferencias entre nucleación homogénea y heterogénea.
- 1.2.24.-Calcular la velocidad de nucleación heterogénea.
- 1.2.25.-Establecer como varía la velocidad de nucleación con la temperatura.
- 1.2.26.-Calcular el cambio de energía libre de superficie asociado con la formación de un núcleo de líquido en un sólido.
- 1.2.27.-Establecer un análisis comparativo entre la etapa de nucleación y crecimiento en la solidificación.
- 1.2.28.-Escribir las ecuaciones de frecuencia de salto atómico para la fusión y la solidificación.
- 1.2.29.-Explicar el significado del subenfriamiento cinético.
- 1.2.30.-Establecer los dos tipos de interfase sólido-líquido (extremas) a escala atómica que se presentan durante la solidificación.
- 1.2.31.-Explicar la influencia del cambio de entropía y energía interna en la formación del tipo de interfase sólido-líquido.
- 1.2.32.-Explicar la influencia del tipo de interfase sólido-líquido en la anisotropía o isotropía de la velocidad de crecimiento.
- 1.2.33.-Establecer los dos tipos de gradiente de temperatura que se pueden presentar frente a la interfase sólido-líquido.
- 1.2.34.-Describir los diferentes tipos de interfase sólido-líquido ( escala microscópica) que pueden presentarse.
- 1.2.35.-Explicar la relación entre la interfase sólido-líquido de escala microscópica con la de escala atómica.
- 1.2.36.-Determinar la estabilidad de la interfase sólido-líquido en forma plana bajo diferentes tipos de gradiente.
- 1.2.37.-Describir de manera detallada el crecimiento dendrítico (brazos secundarios, orientación preferencial, velocidad de crecimiento).
- 1.2.38.-Establecer las conclusiones generales sobre la solidificación de metales puros.

<b>APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:</b>	<b>APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:</b>	<b>DESDE:</b>	<b>VIGENCIA HASTA:</b>	<b>HOJA</b> 2/ 15
--	---	---------------	------------------------	----------------------



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



<b>ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:6312</b>	<b>UNIDADES:4</b>			<b>REQUISITOS: 6311,0254</b>			
<b>HORAS/SEMANA: 4</b>	<b>TEORÍA:4</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6</b>	<b>SEMESTRE: sexto</b>

- 1.2.39.-Definir el coeficiente de distribución de equilibrio.
- 1.2.40.-Establecer las suposiciones que se van a hacer en los modelos de solidificación de aleaciones diluidas.
- 1.2.41.-Describir el modelo de mezcla completa en el sólido y en el líquido.
- 1.2.42.-Describir el modelo mezcla incompleta en el sólido y completa en el líquido.
- 1.2.43.-Deducir la ecuación de solidificación normal.
- 1.2.44.-Describir el modelo de mezcla incompleta en el sólido y en el líquido.
- 1.2.45.-Definir el coeficiente de distribución efectivo.
- 1.2.46.-Escribir una ecuación para determinar el coeficiente de distribución efectivo.
- 1.2.47.-Determinar la estabilidad de la interfase sólido-líquido, plana bajo los diferentes tipos de gradiente de temperatura.
- 1.2.48.-Describir el fenómeno subenfriamiento constitucional.
- 1.2.49.-Clasificar las microestructuras de los eutécticos.
- 1.2.50.-Describir el modelo cinético del crecimiento de los eutécticos.
- 1.2.51.-Describir la zona de enfriamiento rápido de un lingote.
- 1.2.52.-Describir la zona columnar.
- 1.2.53.-Describir la solidificación de los brazos secundarios de una dendrita.
- 1.2.54.-Definir longitud de una dendrita.
- 1.2.55.-Describir la zona equiaxial (central).
- 1.2.56.-Clasificar los lingotes según su estructura.
- 1.2.57.-Establecer la diferencia entre la segregación de soluto en interfase plana y dendrítica.
- 1.2.58.-Describir la segregación inversa.
- 1.2.59.-Describir la segregación cuando la longitud de la dendrita es constante.
- 1.2.60.-Describir la segregación de la línea central de un lingote.
- 1.2.61.-Describir la segregación gravitacional en un lingote.
- 1.2.62.-Describir la microsegregación.
- 1.2.63.-Establecer el método para caracterizar la segregación.
- 1.2.64.-Calcular el tiempo de homogeneización de un lingote en base al desplazamiento atómico promedio.
- 1.2.65.-Calcular el tiempo de homogeneización considerando una distribución de soluto en forma senoidal.
- 1.2.66.-Establecer la relación que existe entre el espaciamiento dendrítico y la velocidad de solidificación.
- 1.2.67.-Describir la macroporosidad formada por la alimentación inadecuada.
- 1.2.68.-Describir la microporosidad formada por el gas disuelto en el metal.
- 1.2.69.-Describir la microporosidad.
- 1.2.70.-Establecer los tipos de microporosidad.
- 1.2.71.-Describir el fenómeno de retracción.
- 1.2.72.-Explicar el efecto de la porosidad en las propiedades mecánicas de un lingote.
- 1.2.73.-Explicar el efecto de la formación de una segunda fase en las propiedades mecánicas de un lingote.

<b>APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:</b>	<b>APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:</b>	<b>DESDE:</b>	<b>VIGENCIA HASTA:</b>	<b>HOJA 3/ 15</b>
--	---	---------------	------------------------	-----------------------



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



ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II				TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA			
CODIGO:6312	UNIDADES:4			REQUISITOS: 6311,0254			
HORAS/SEMANA: 4	TEORÍA:4	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: sexto

- 1.2.74.-Explicar el efecto del espaciamiento dendrítico en las propiedades mecánicas de un lingote.  
1.2.75.-Explicar el efecto del tamaño de grano en las propiedades mecánicas de un lingote.

## **2.-RECUPERACIÓN Y RECRISTALIZACIÓN:**

2.1.-Objetivo General: El alumno será capaz de:

2.1.1.-Establecer los mecanismos de almacenamiento de energía en los metales y aleaciones deformados.

2.1.2.-Explicar la influencia de las variables que afectan la energía almacenada.

2.1.3.-Describir cualitativa y cuantitativamente la recuperación y recristalización en metales y aleaciones deformados.

2.1.4.-Aplicar los conceptos y principios físicos aprendidos en la resolución de problemas en el área de los metales deformados.

2.2.-Objetivos Específicos: El alumno será capaz de:

2.2.1.-Definir endurecimiento por deformación.

2.2.2.-Establecer la importancia del endurecimiento por deformación y su ablandamiento en la Ingeniería Metalúrgica.

2.2.3.-Clasificar la deformación plástica en función de la temperatura a la cual se realiza.

2.2.4.-Explicar como es la distribución de la energía gastada en la deformación plástica.

2.2.5.-Establecer los mecanismos de almacenamiento de energía en los metales.

2.2.6.-Describir la estructura de un metal deformado.

2.2.7.-Explicar la influencia de la pureza, tipo de deformación, tamaño de grano, partículas de segunda fase y la temperatura de deformación en la energía almacenada.

2.2.8.-Analizar la espontaneidad del ablandamiento de un metal deformado.

2.2.9.-Describir los cambios que se producen en la microestructura de un metal deformado durante su calentamiento.

2.2.10.-Definir la etapa de recuperación de un metal deformado.

2.2.11.-Definir la etapa de recristalización de un metal deformado.

2.2.12.-Analizar las variaciones de: dureza, resistividad, densidad, y tamaño de la celda en la etapa de recuperación.

2.2.13.-Clasificar los mecanismos de recuperación según la temperatura de recocido.

2.2.14.-Describir el fenómeno de coalescencia de subgranos.

2.2.15.-Describir el fenómeno de poligonización.

2.2.16.-Explicar el modelo cinético de la recuperación de los metales deformados.

2.2.17.-Calcular la energía de activación en el proceso de recuperación de los metales deformados.

2.2.18.-Establecer la diferencia fundamental entre la recuperación y recristalización de los metales.

2.2.19.-Describir físicamente un núcleo en la recristalización.

2.2.20.-Explicar porque la teoría clásica no se puede aplicar en la recristalización.

2.2.21.-Describir de manera cualitativa los diferentes mecanismos propuestos para la nucleación de la recristalización.

2.2.22.-Deducir la ecuación de Johnson-Mehl.

2.2.23.-Escribir la ecuación de Avrami.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 4/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	---------------



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



<b>ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:6312</b>	<b>UNIDADES:4</b>			<b>REQUISITOS: 6311,0254</b>			
<b>HORAS/SEMANA: 4</b>	<b>TEORÍA:4</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6</b>	<b>SEMESTRE: sexto</b>

- 2.2.24.-Establecer las condiciones bajo las cuales se usa la ecuación de Johnson-Mehl o la ecuación de Avrami.
- 2.2.25.-Explicar la influencia del % de deformación, tamaño de grano, impurezas, partículas de segunda fase, temperatura de deformación y temperatura de recocido en la recristalización.
- 2.2.26.-Definir temperatura de recristalización.
- 2.2.27.-Explicar el rango de validez del concepto “temperatura de recristalización”.
- 2.2.28.-Analizar la influencia del % de deformación, tamaño de grano, impurezas, partículas de segunda fase y temperatura de deformación en la temperatura de recristalización.
- 2.2.29.-Escribir la ecuación del tamaño de grano recristalizado como una función de la velocidad de nucleación y crecimiento.
- 2.2.30.-Analizar la influencia del % de deformación, tamaño de grano, impurezas, partículas de segunda fase, temperatura de recocido en el tamaño de grano recristalizado.
- 2.2.31.-Definir recuperación dinámica.
- 2.2.32.-Definir deformación en caliente.
- 2.2.33.-Definir deformación en frío.
- 2.2.34.-Definir textura de deformación.
- 2.2.35.-Definir textura de recristalización.
- 2.2.36.-Establecer las teorías sobre la formación de granos recristalizados con orientación preferencial.
- 2.2.37.-Analizar ejemplos ingenieriles sobre el uso de la textura.
- 2.2.38.-Describir el fenómeno recristalización secundaria.
- 2.2.39.-Explicar las condiciones bajo las cuales se forman tamaño de grano fino estable en los metales.
- 2.2.40.-Establecer las condiciones para las cuales se puede producir el fenómeno de recristalización secundaria.

**3.-TRANSFORMACIONES CERCANAS AL EQUILIBRIO:**

- 3.1.-**Objetivo General:** El alumno será capaz de:
  - 3.1.1.-Explicar los fundamentos generales de la nucleación en el estado sólido.
  - 3.1.2.-Describir cualitativa y cuantitativamente las transformaciones: proeutectoide, eutectoide y bainítica.
  - 3.1.3.-Establecer la técnica experimental para la construcción de los diagramas T.T.T., así como también el uso práctico de estos diagramas.
  - 3.1.4.-Aplicar los conceptos y fundamentos físicos aprendidos en la resolución de problemas en el área de las transformaciones cercanas al equilibrio.
- 3.2.-**Objetivos Específicos:** El alumno será capaz de:
  - 3.2.1.-Identificar las diferentes transformaciones que se van a estudiar en este tema.
  - 3.2.2.-Establecer la importancia de estas transformaciones en la Ingeniería Metalúrgica.
  - 3.2.3.-Establecer la barrera adicional que se presenta en la nucleación de sólidos.
  - 3.2.4.-Calcular el cambio de energía libre de Gibbs total para los núcleos esféricos que se forman de manera homogénea.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 5/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	---------------



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



ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II				TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA			
CODIGO:6312	UNIDADES:4			REQUISITOS: 6311,0254			
HORAS/SEMANA: 4	TEORÍA:4	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: sexto

- 3.2.5.-Calcular el radio crítico para un núcleo esférico que se forma de manera homogénea.
- 3.2.6.-Calcular el cambio de energía libre de Gibbs (homogénea) asociado con la formación de un núcleo esférico de tamaño crítico.
- 3.2.7.-Explicar de manera cuantitativa el efecto de la energía de deformación en la nucleación homogénea.
- 3.2.8.-Analizar los diferentes tipos de interfase sólido-sólido en función de la nucleación homogénea.
- 3.2.9.-Escribir la ecuación de la velocidad de nucleación homogénea.
- 3.2.10.-Establecer como es la variación de la velocidad de nucleación homogénea con el tiempo de para una temperatura dada.
- 3.2.11.-Establecer como es la influencia de la temperatura en la velocidad de nucleación homogénea.
- 3.2.12.-Enumerar los sitios posibles donde puede ocurrir la nucleación heterogénea en sólidos.
- 3.2.13.-Calcular el cambio de energía libre de Gibbs total para núcleos que se forman de manera heterogénea.
- 3.2.14.-Describir la formación de un núcleo en un límite de grano bajo la condición que minimice su energía de superficie y suponiendo que la energía de deformación es igual a cero.
- 3.2.15.-Calcular el cambio de energía libre de Gibbs total para un núcleo que se forma en un límite de grano.
- 3.2.16.-Analizar de manera comparativa la nucleación en las esquinas, aristas y dentro de un grano.
- 3.2.17.-Enumerar las variables que hay que considerar para establecer la ecuación de velocidad de nucleación heterogénea.
- 3.2.18.-Escribir la ecuación de la velocidad de nucleación heterogénea.
- 3.2.19.-Deducir la ecuación de la fuerza motriz por mol de precipitado, cuando la estructura cristalina del precipitado es igual a la de la matriz.
- 3.2.20.-Deducir la ecuación de la fuerza motriz por mol de precipitado, cuando la estructura cristalina del precipitado es distinta a la de la matriz.
- 3.2.21.-Establecer la conclusión general sobre la factibilidad termodinámica de la formación de precipitados.
- 3.2.22.-Establecer las magnitudes relativas de la energía de deformación y tensión superficial de precipitados con interfase coherentes e incoherentes.
- 3.2.23.-Analizar en forma comparativa la formación de precipitados en forma de placas con interfase coherente e incoherente.
- 3.2.24.-Establecer la nomenclatura de la morfología de los precipitados proeutectoides.
- 3.2.25.-Explicar el efecto del tamaño de grano austenítico, subenfriamiento, velocidad de enfriamiento y composición en la morfología de la ferrita proeutectoide.
- 3.2.26.-Describir la cinética de formación de precipitados en forma de bloque.
- 3.2.27.-Explicar la cinética de formación de precipitados en forma de placa.
- 3.2.28.-Analizar la teoría de Zener-Hillert sobre la cinética de formación para los precipitados en forma de placa.
- 3.2.29.-Explicar el significado del término nódulo y colonia de perlita.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 6/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	---------------



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



<b>ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:6312</b>	<b>UNIDADES:4</b>			<b>REQUISITOS: 6311,0254</b>			
<b>HORAS/SEMANA: 4</b>	<b>TEORÍA:4</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6</b>	<b>SEMESTRE: sexto</b>

- 3.2.30.-Descripción de la teoría de R.F. Mehl sobre la nucleación de la perlita en los aceros eutectoides.
- 3.2.31.-Descripción de la nucleación de la perlita en aceros hipoeutectoides y hipereutectoides .
- 3.2.32.-Explicación de la formación de 100% de perlita en aceros no eutectoides.
- 3.2.33.-Establecer como varía la velocidad de nucleación de la perlita con el tiempo a temperatura constante.
- 3.2.34.-Deducir una ecuación que exprese la velocidad de nucleación de la perlita.
- 3.2.35.-Establecer la diferencia fundamental entre la cinética de crecimiento de la transformación eutéctica y eutectoide.
- 3.2.36.-Descripción del modelo cinético de los eutectoides.
- 3.2.37.-Establecer las diferentes posibilidades donde el soluto de los eutectoides puede difundir.
- 3.2.38.-Escribir la ecuación de velocidad de crecimiento para los eutectoides sustitucionales.
- 3.2.39.-Establecer como depende la velocidad de crecimiento de la perlita con el tiempo a una temperatura constante.
- 3.2.40.-Mostrar como depende el espaciamiento de la perlita con la temperatura a la cual ocurre la transformación.
- 3.2.41.-Explicar el significado práctico de la variación del espaciamiento de la perlita.
- 3.2.42.-Analizar el efecto de la temperatura en la velocidad de nucleación y crecimiento.
- 3.2.43.-Establecer las características de los tipos de bainita.
- 3.2.44.-Definir la temperatura de transformación (bainita superior - bainita inferior).
- 3.2.45.-Describir las características cinéticas de la bainita.
- 3.2.46.-Enumerar los tipos de diagrama T.T.T.
- 3.2.47.-Explicar la importancia de los diagramas T.T.T. en la Ingeniería Metalúrgica.
- 3.2.48.-Explicar la metodología para construir los diagramas T.T.T.
- 3.2.49.-Describir un diagrama "T.I." para un acero eutectoide.
- 3.2.50.-Realizar trayectorias de enfriamiento en un diagrama T.I. para un acero eutectoide.
- 3.2.51.-Describir un diagrama "T.I." para un acero no eutectoide.
- 3.2.52.-Realizar trayectorias de enfriamiento en un diagrama T.I. para un acero no eutectoide.
- 3.2.53.-Explicar el efecto de los elementos aleantes y tamaño de grano austenítico en los diagramas T.I.
- 3.2.54.-Describir un diagrama "T.C." para un acero no eutectoide.
- 3.2.55.-Realizar trayectorias de enfriamiento en un diagrama T.C. para un acero no eutectoide.

**4.-ENDURECIMIENTO POR PRECIPITACIÓN:**

- 4.1.-Objetivo General: El alumno será capaz de:
  - 4.1.1.-Establecer un procedimiento general para realizar el tratamiento de endurecimiento por precipitación para cualquier aleación.
  - 4.1.2.-Describir en forma cualitativa la etapa de nucleación en este tratamiento.
  - 4.1.3.-Describir en forma cualitativa y cuantitativa la etapa de crecimiento de precipitados.
  - 4.1.4.-Aplicar los conceptos y principios físicos aprendidos en la resolución de problemas en el área de endurecimiento por precipitación.

<b>APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:</b>	<b>APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:</b>	<b>DESDE:</b>	<b>VIGENCIA HASTA:</b>	<b>HOJA 7/ 15</b>
--	---	---------------	------------------------	-----------------------



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



ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II				TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA			
CODIGO:6312	UNIDADES:4			REQUISITOS: 6311,0254			
HORAS/SEMANA: 4	TEORÍA:4	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: sexto

4.2.-**Objetivos Específicos:** El alumno será capaz de:

- 4.2.1.-Describir en forma general el tratamiento de endurecimiento por precipitación.
- 4.2.2.-Establecer la importancia de este tratamiento en la Ingeniería Metalúrgica.
- 4.2.3.-Especificar el requerimiento básico necesario para que una aleación sea endurecible por precipitación.
- 4.2.4.-Enumerar los parámetros tecnológicos asociados con el tratamiento de sobresaturación.
- 4.2.5.-Establecer la evidencia de porque la precipitación es una transformación que ocurre por nucleación y crecimiento.
- 4.2.6.-Explicar como es la dependencia de la velocidad de precipitación con la temperatura.
- 4.2.7.-Describir la metodología para construir los diagramas de dureza vs. Tiempo de envejecimiento.
- 4.2.8.-Identificar la zona de la curva de dureza vs. Tiempo de envejecimiento llamada sobre-envejecimiento.
- 4.2.9.-Explicar el efecto de la temperatura de envejecimiento y la composición de la aleación en las curvas de dureza vs. Tiempo de envejecimiento.
- 4.2.10.-Establecer la secuencia de precipitación para una aleación de Al-Cu.
- 4.2.11.-Especificar las características de los precipitados que se forman en las aleaciones Al-Cu.
- 4.2.12.-Explicar en términos del tipo de precipitado formado las diferentes zonas de las curvas de dureza vs. Tiempo de envejecimiento en aleaciones Al-Cu.
- 4.2.13.-Explicar en términos del tipo de precipitado formado el efecto de la temperatura en las curvas de dureza vs. Tiempo de envejecimiento en aleaciones Al-Cu.
- 4.2.14.-Describir el tratamiento comercial de envejecimiento doble.
- 4.2.15.-Mostrar algunas secuencias de precipitación para diferentes aleaciones.
- 4.2.16.-Establecer la relación de la formación de las zonas G.P., la estructura cristalina del precipitado de equilibrio y la diferencia entre los radios atómicos del solvente y el soluto.
- 4.2.17.-Mostrar la secuencia general de las aleaciones endurecibles por precipitado.
- 4.2.18.-Mostrar las propiedades mecánicas de algunas aleaciones comerciales que son endurecibles por precipitación.
- 4.2.19.-Analizar el precipitado que se puede formar utilizando las curvas de energía libre de Gibbs vs. Composición para temperaturas altas y bajas de envejecimiento.
- 4.2.20.-Describir el efecto de la temperatura de temple en la etapa de crecimiento inicial de precipitados.
- 4.2.21.-Explicar el problema de maduración de Oswald.
- 4.2.22.-Establecer los aspectos generales en los procesos de precipitación de las aleaciones.

**5.-TRANSFORMACIÓN MARTENSÍTICA:**

- 5.1.-**Objetivo General:** El alumno será capaz de:
- 5.1.1.-Especificar las características generales y de morfología de la transformación martensítica.
  - 5.1.2.-Describir la termodinámica y la cinética de la transformación martensítica.
  - 5.1.3.-Explicar los fenómenos de termoelasticidad, reversibilidad, estabilidad y resistencia de la martensita.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 8/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	---------------



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



<b>ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:6312</b>	<b>UNIDADES:4</b>			<b>REQUISITOS: 6311,0254</b>			
<b>HORAS/SEMANA: 4</b>	<b>TEORÍA:4</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6</b>	<b>SEMESTRE: sexto</b>

- 5.1.4.-Pormenorizar sobre el efecto de deformación ( elástica y plástica) en la transformación martensítica.
- 5.1.5.-Describir los cambios que sufre la martensita durante el tratamiento de revenido.
- 5.1.6.-Aplicar los conceptos y principios físicos de este tema en la resolución de problemas en el área de transformación martensítica.
- 5.2.-Objetivos Específicos: El alumno será capaz de:
- 5.2.1.-Definir la transformación martensítica.
- 5.2.2.-Establecer la importancia de la transformación martensítica en la Ingeniería Metalúrgica.
- 5.2.3.-Enumerar las características microscópicas experimentales de la estructura de la martensita.
- 5.2.4.-Establecer la diferencia en el movimiento atómico en la transformación martensítica y otras transformaciones.
- 5.2.5.-Explicar lo que sucede con la composición química de una aleación durante la transformación martensítica.
- 5.2.6.-Describir las características de la martensita ferrosa y no ferrosa.
- 5.2.7.-Establecer el tipo de interfase de la martensita.
- 5.2.8.-Analizar la termodinámica de la transformación martensítica.
- 5.2.9.-Describir la cinética de los diferentes tipos de martensita.
- 5.2.10.-Explicar el fenómeno de la termoelasticidad de la martensita.
- 5.2.11.-Describir el fenómeno de la reversibilidad de la martensita.
- 5.2.12.-Explicar el fenómeno de la elasticidad de la martensita y la austenita.
- 5.2.13.-Describir el efecto de la deformación elástica en la transformación martensítica.
- 5.2.14.-Explicar el efecto de la deformación plástica en la transformación martensítica.
- 5.2.15.-Explicar los diferentes mecanismos que contribuyen al endurecimiento de la martensita.
- 5.2.16.-Justificar el tratamiento de revenido a los aceros templados.
- 5.2.17.-Definir el tratamiento de revenido.
- 5.2.18.-Describir las diferentes etapas del revenido.
- 5.2.19.-Explicar el efecto del revenido en las propiedades mecánicas de los aceros.
- 5.2.20.-Describir el efecto de los elementos aleantes en el revenido de los aceros.
- 5.2.21.-Explicar el fenómeno de fragilización del revenido.

**EVALUACIÓN**

- 1.-La evaluación del curso de Metalurgia Física II, se hará mediante dos exámenes y un examen final.
- 2.-La valoración de las diferentes pruebas escritas se realizará de acuerdo a la escala tradicional de 1 a 20 puntos y ateniéndose a todo lo relativo a la Ley de Universidades.
- 3.-Los dos exámenes parciales promediados con igual ponderación forman la nota previa.
- 4.-Para tener derecho a presentar el examen final, el estudiante debe tener una nota previa mayor o igual a diez puntos.
- 5.-La nota definitiva del curso será

Nota Previa .....	40%
Nota del examen final .....	<u>60%</u>

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 9/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	---------------



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



<b>ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II</b>				<b>TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA</b>			
<b>CODIGO:6312</b>	<b>UNIDADES:4</b>			<b>REQUISITOS: 6311,0254</b>			
<b>HORAS/SEMANA: 4</b>	<b>TEORÍA:4</b>	<b>PRÁCTICA:</b>	<b>LABORATORIO:</b>	<b>SEMINARIO:</b>	<b>TRABAJO SUPERVISADO:</b>	<b>HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6</b>	<b>SEMESTRE: sexto</b>

Nota definitiva ..... 100%

- 6.-Los alumnos con nota definitiva menos de diez tendrán derecho a presentar un examen de reparación, siempre y cuando hayan presentado por lo menos un examen parcial.
- 7.-El primer examen parcial evaluará el tema 1, el segundo examen parcial evaluará el tema 2 y 3, el examen final evaluará todo el programa ( tema 1,2,3,4 y 5). El examen de reparación evaluará toda la materia.
- 8.-Los exámenes tendrán una duración de 2 horas.

**CONTENIDOS**

1.-Programa Sinóptico: Se realizarán actividades que pondrán al alumno en contacto con las características de las transformaciones en metales y aleaciones que debe dominar para poder comprender y controlar los procesos de transformación de los metales.

2.-Temario:

Tema #1 Solidificación:

- 1.1 Introducción
- 1.2 Nucleación
  - 1.2.1 Nucleación Homogénea
  - 1.2.2 Velocidad de Nucleación Homogénea
  - 1.2.3 Nucleación Heterogénea
  - 1.2.4 Velocidad de Nucleación Heterogénea
  - 1.2.5 Efecto de la temperatura en la velocidad de nucleación
  - 1.2.6 Nucleación en la Fusión
- 1.3 Crecimiento
  - 1.3.1 Cinética de los procesos atómicos en la interfase sólido-líquido
  - 1.3.2 Mecanismo atómico de crecimiento en la interfase sólido-líquido
  - 1.3.3 Gradiente de temperatura en la interfase sólido-líquido
  - 1.3.4 Morfología de la interfase
- 1.4 Solidificación en metales puros
  - 1.4.1 Estabilidad de la interfase plana
  - 1.4.2 Crecimiento dendrítico
  - 1.4.3 Generalidades
- 1.5 Solidificación de aleaciones
  - 1.5.1 Mezcla completa en el sólido y el líquido
  - 1.5.2 Mezcla incompleta en el sólido y completa en el líquido
    - 1.5.2.1 Ecuación de Solidificación Normal
    - 1.5.2.2 Afino de zonas
  - 1.5.3 Mezcla incompleta en el sólido y el líquido
  - 1.5.4 Coeficiente de distribución efectivo
  - 1.5.5 Estabilidad de la interfase plana

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 10/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	----------------



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



ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II				TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA			
CODIGO: 6312	UNIDADES: 4			REQUISITOS: 6311, 0254			
HORAS/SEMANA: 4	TEORÍA: 4	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: sexto

- 1.5.6 Subenfriamiento constitucional
- 1.6 Solidificación de eutécticos
  - 1.6.1 Microestructura
  - 1.6.2 Cinética de crecimiento
  - 1.6.3 Estabilidad de la interfase plana
  - 1.6.4 Eutécticos divorciados
- 1.7 Solidificación de lingotes
  - 1.7.1 Estructura
  - 1.7.2 Segregación
    - 1.7.2.1 Macrosegregación
    - 1.7.2.2 Microsegregación
  - 1.7.3 Porosidad
    - 1.7.3.1 Macroporosidad
    - 1.7.3.2 Microporosidad
    - 1.7.3.3 Retracción
  - 1.7.4 Propiedades mecánicas

Tema #2 Recuperación y Recristalización

- 2.1 Introducción
- 2.2 Energía Almacenada
  - 2.2.1 Mecanismos de Almacenamiento de energía
  - 2.2.2 Estructura del metal deformado
  - 2.2.3 Variables que afectan la energía almacenada
  - 2.2.4 Relación entre la energía libre de Gibbs y la energía interna para un metal deformado
  - 2.2.5 Cambios en un metal deformado debido al calentamiento
- 2.3 Recuperación
  - 2.3.1 Mecanismos de recuperación
  - 2.3.2 Cinética de recuperación
- 2.4 Recristalización
  - 2.4.1 Nucleación
    - 2.4.1.1 Nucleación en los límites de grano preexistentes
    - 2.4.1.2 Nucleación en los límites de subgrano
    - 2.4.1.3 Nucleación en partículas de segunda fase
  - 2.4.2 Cinética
  - 2.4.3 Influencia de la deformación, tamaño de grano, impurezas, partículas de segunda fase, temperatura de recocido, temperatura de deformación en la recristalización
  - 2.4.4 Temperatura de recristalización
- 2.5 Deformación en caliente
- 2.6 Textura
- 2.7 Recristalización secundaria

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 11/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	-------------



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



ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II				TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA			
CODIGO:6312	UNIDADES:4			REQUISITOS: 6311,0254			
HORAS/SEMANA: 4	TEORÍA:4	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: sexto

Tema #3 Transformaciones cercanas al Equilibrio

- 3.1 Introducción
- 3.2 Nucleación en el estado sólido
  - 3.2.1 Nucleación Homogénea
  - 3.2.2 Velocidad de Nucleación Homogénea
  - 3.2.3 Nucleación Heterogénea
  - 3.2.4 Nucleación en los Límites de grano
  - 3.2.5 Velocidad de Nucleación Heterogénea
  - 3.2.6 Fuerza motriz para la nucleación
  - 3.2.7 Factores que inhiben la nucleación
- 3.3 Reacción Proeutectoide
  - 3.3.1 Morfología
    - 3.3.1.1 Efecto del tamaño de grano austenítico
    - 3.3.1.2 Efecto del subenfriamiento
    - 3.3.1.3 Efecto de la velocidad de enfriamiento
    - 3.3.1.4 Efecto de la composición
  - 3.3.2 Cinética
    - 3.3.2.1 Precipitados en forma de bloque
    - 3.3.2.2 Precipitados en forma de placa
    - 3.3.2.3 Teoría de Zener-Hillert
- 3.4 Transformación Eutectoide
  - 3.4.1 Morfología
  - 3.4.2 Nucleación
  - 3.4.3 Velocidad de nucleación
  - 3.4.4 Crecimiento
  - 3.4.5 Efecto de la temperatura
- 3.5 Transformación Bainítica
  - 3.5.1 Morfología
  - 3.5.2 Cristalografía
  - 3.5.3 Cinética
- 3.6 Diagramas T.T.T.
  - 3.6.1 Diagramas T.I.
    - 3.6.1.1 Aceros Eutectoides
    - 3.6.1.2 Aceros no eutectoides
    - 3.6.1.3 Aceros Aleados
  - 3.6.2 Diagramas T.C.

Tema # 4 Endurecimiento por Precipitación

- 4.1 Introducción
- 4.2 Tratamiento de sobresaturación
- 4.3 Tratamiento de envejecimiento

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 12/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	----------------



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



ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II				TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA			
CODIGO:6312	UNIDADES:4			REQUISITOS: 6311,0254			
HORAS/SEMANA: 4	TEORÍA:4	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: sexto

- 4.4 Nucleación
- 4.4.1 Endurecimiento
- 4.4.2 Fuerza motriz para la nucleación
- 4.5 Crecimiento
- 4.5.1 Crecimiento inicial
- 4.5.2 Engrosamiento de precipitados

Tema # 5 Transformación Martensítica

- 5.1 Introducción
- 5.2 Generalidades
- 5.2.1 Características cristalográficas experimentales
- 5.2.2 Movimiento Cooperativo
- 5.2.3 Composición Química
- 5.3 Morfología
- 5.3.1 Martensita ferrosa
- 5.3.2 Martensita no ferrosa
- 5.3.3 Estructura de la interfase
- 5.4 Termodinámica
- 5.5 Cinética
- 5.5.1 Martensita atérmica
- 5.5.2 Martensita isotérmica
- 5.5.3 Martensita explosiva (Burst)
- 5.5.4 Nucleación
- 5.5.5 Crecimiento
- 5.6 Termoelasticidad
- 5.7 Reversibilidad
- 5.8 Estabilización
- 5.9 Efecto de la deformación
- 5.9.1 Elástica
- 5.9.2 Plástica
- 5.10 Resistencia de la martensita
- 5.10.1 Endurecimiento por solución sólida
- 5.10.2 Endurecimiento por precipitación
- 5.10.3 Endurecimiento por estructura
- 5.10.4 Endurecimiento por dislocaciones
- 5.11 Revenido
- 5.11.1 Las etapas de Revenido
- 5.11.2 El efecto del revenido en las propiedades mecánicas de los aceros
- 5.11.3 El efecto de los elementos aleantes (endurecimiento secundario)
- 5.11.4 Fragilización en el revenido

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 13/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	-----------------	----------------



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



ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II

TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA

CODIGO: 6312

UNIDADES: 4

REQUISITOS:

6311,0254

HORAS/SEMANA:  
4

TEORÍA: 4

PRÁCTICA:

LABORATORIO:

SEMINARIO:

TRABAJO  
SUPERVISADO:

HORAS TOTALES  
DE ESTUDIO: 6

SEMESTRE:  
sexto

### REQUISITOS

A.- Formales: Metalurgia Física I

B.- Académicos: Para obtener resultados satisfactorios en esta asignatura, el alumno debe ser capaz de:

B.1-Resolver problemas que involucren el uso de ecuaciones diferenciales

B.2-Usar la termodinámica para plantear y resolver problemas.

### HORAS DE CONTACTO

La asignatura se dictará en dos períodos semanales ( 2 Hr. / semana)

### PROGRAMACIÓN CRONOLÓGICA

El tiempo total del destinado a clases teóricas de esta asignatura ( ver temario) se dictará así:

1.1 y 1.2	3 horas
1.3, 1.4 y 1.5	6 horas
1.6 y 1.7	6 horas
1er. examen	3 horas
2.1, 2.2 y 2.3	3 horas
2.4, 2.5, 2.6 y 2.7	3 horas
3.1 y 3.2	3 horas
3.3	3 horas
3.4, 3.5 y 3.6	3 horas
2 do. Examen	3 horas
4.1, 4.2 y 4.3	3 horas
4.4 y 4.5	3 horas
5.1, 5.2, 5.3, 5.4, y 5.5	3 horas
5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 y 5.11	3 horas

Total de horas de clase 16 semanas

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA:	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	DESDE:	VIGENCIA HASTA:	HOJA 14/ 15
---------------------------------	----------------------------------	--------	--------------------	----------------



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



**ASIGNATURA: METALURGIA FÍSICA II**

**TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA**

**CODIGO: 6312**

**UNIDADES: 4**

**REQUISITOS:**

6311,0254

**HORAS/SEMANA:**  
4

**TEORÍA: 4**

**PRÁCTICA:**

**LABORATORIO:**

**SEMINARIO:**

**TRABAJO  
SUPERVISADO:**

**HORAS TOTALES  
DE ESTUDIO: 6**

**SEMESTRE:**  
sexto

**APROBADO EN CONSEJO DE  
ESCUELA:**

**APROBADO EN CONSEJO DE  
FACULTAD:**

**DESDE:**

**VIGENCIA  
HASTA:**

**HOJA  
15/ 15**