

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	Física de Semiconductores
Carrera :	Ingeniería Electrónica
Clave de la asignatura :	ETF-1017
SATCA <sup>1</sup>	3 – 2 – 5

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al estudiante la capacidad de análisis y síntesis de los fenómenos electrónicos de conducción en los sólidos cristalinos, con el consecuente aporte al perfil profesional del estudiante de Ingeniería Electrónica.

Proporciona al estudiante una plataforma de capacitación para entender el comportamiento de los dispositivos electrónicos y su operación en los circuitos electrónicos.

El contenido de la asignatura comprende el estudio de las características físicas y eléctricas de los sólidos cristalinos así como también sus técnicas de fabricación y crecimiento , la construcción de uniones PN y la importancia de su participación en las características operativas de los dispositivos electrónicos, la interacción de semiconductores compuestos con la energía luminosa y calorífica, para terminar con el análisis operativo de elementos electrónicos con una dos y tres uniones PN en su construcción (diodos, transistores y tiristores)

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Electrónica la capacidad para explicar los principios de la física de semiconductores para conocer, identificar y comprender el comportamiento y operación de los dispositivos semiconductores.

Se recomienda el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación, para la adquisición y procesamiento de datos. Así como comunicarse con efectividad en forma oral y escrita. Realizando la selección y operación del equipo de medición y prueba, así como identificar los parámetros eléctricos de los dispositivos.

---

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

**Intención didáctica.**

El contenido de esta asignatura se organiza en cinco unidades de forma que las dos primeras unidades abordan los conceptos físicos del comportamiento de las cargas eléctricas en los sólidos cristalinos así como también el funcionamiento de las uniones PN y su contribución a la operación de los dispositivos semiconductores empleados en la Ingeniería Electrónica. Las dos últimas unidades nos muestran el comportamiento operativo de diferentes dispositivos electrónicos del estado sólido.

En la primera unidad, se analizan los principios básicos de la física de semiconductores para garantizar la comprensión del comportamiento de las estructuras de los dispositivos.

En la segunda unidad, se analizan las propiedades y características de los materiales semiconductores tipos P y N.

En la tercera unidad, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes tipos de diodos y dispositivos optoelectrónicos.

En la cuarta unidad, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes tipos de dispositivos bipolares y unipolares.

En la quinta unidad, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes dispositivos especiales.

La profundidad con la que los temas son tratados de manera suficiente para analizar e interpretar los fenómenos eléctricos que se desarrollan en los sólidos cristalinos, para que el estudiante comprenda y explique el comportamiento operativo de los diferentes dispositivos electrónicos

Durante el proceso de enseñanza aprendizaje de esta materia, el alumno desarrollará competencias genéricas que le permitan analizar y organizar los contenidos para así poder planificar el desarrollo de su curso, en lo que al aprendizaje se refiere, es importante desarrollar destrezas que le permitan interactuar con sus compañeros para valorar el trabajo de equipo y mejorar su ambiente estudiantil.

Con la organización del proceso de aprendizaje en esta materia, se pretende también que el alumno tenga la capacidad de aplicar sus conocimientos a la práctica y desarrolle la habilidad de auto-aprendizaje.

Para que lo anterior se pueda dar el profesor deberá, promover, organizar y proponer las actividades que le permitan alcanzar las competencias antes mencionadas.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones.

Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante reconozca los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Comprender el principio de operación de los dispositivos semiconductores desde la perspectiva de su construcción, régimen de operación para su aplicación en el diseño de circuitos electrónicos en asignaturas posteriores del plan de estudios</li></ul>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li><li>• Capacidad de organizar y planificar.</li><li>• Conocimientos básicos de la carrera.</li><li>• Comunicación oral y escrita.</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li><li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li><li>• Solución de problemas.</li><li>• Toma de decisiones.</li></ul> <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li><li>• Trabajo en equipo.</li><li>• Habilidades interpersonales</li></ul> <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li><li>• Habilidades de investigación.</li><li>• Capacidad de aprender.</li><li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li><li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li><li>• Búsqueda del logro.</li></ul>
--	---

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato del 24 al 28 de agosto de 2009.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:  Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Culiacan, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Tijuana, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa</p>	<p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Electrónica.</p>
<p>Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre.</p>	<p>Academias de Ingeniería Electrónica de los Institutos Tecnológicos de:  Aquí va los tec</p>	<p>Elaboración del programa de Estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Electrónica.</p>
<p>Reunión Nacional de Consolidación del Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales del 25 al 29 de enero del 2010 en el Instituto Tecnológico de Mexicali.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:  Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa</p>	<p>Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electrónica</p>

## 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Comprender el principio de operación de los dispositivos semiconductores desde la perspectiva de su construcción, régimen de operación para su aplicación en el diseño de circuitos electrónicos en asignaturas posteriores del plan de estudios.

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Aplicar herramientas de cálculo diferencial e integral.
- Aplicar la ley de Ohm.
- Aplicar los conceptos de continuidad, campo eléctrico, densidad de corriente, potencial eléctrico, manejo de las Leyes de física.
- Operación de instrumentos y equipos de medición.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción a la física del semiconductor.	1.1 Descripción de la estructura atómica. 1.2 Niveles de energía. 1.3 Electrones de valencia. 1.4 Descripción de materiales aislantes, conductores y semiconductores. 1.5 Enlace covalente. 1.6 Corriente en el semiconductor.
2	Unión P-N.	2.1 Materiales semiconductores, (intrínseco, extrínseco). 2.2 Semiconductor P y semiconductor N. 2.3 Unión P-N en estado de equilibrio. 2.3.1 Potencial de contacto. 2.3.2 Campo eléctrico. 2.3.3 Zonas de vaciamiento. 2.3.4 Carga almacenada. 2.3.5 Capacitancia de difusión y transición. 2.4 Condiciones de polarización. 2.4.1 Efecto de potencial de barrera. 2.4.2 Polarización directa. 2.4.3 Polarización inversa. 2.4.4 Características de corriente – voltaje. 2.5 Fenómenos de ruptura. 2.5.1 Ruptura por multiplicación o avalancha.

		2.5.2 Ruptura Zener.
3	Dispositivos de unión.	<p>3.1 Diodos.</p> <p>3.1.1 Diodo.</p> <p>3.1.2 Diodo Zener.</p> <p>3.1.3 Diodo Túnel.</p> <p>3.1.4 Diodo varactor.</p> <p>3.1.5 Diodo Pin.</p> <p>3.1.6 Diodo Schottky.</p> <p>3.2 Dispositivos ópticos.</p> <p>3.2.1 Fotodiodo.</p> <p>3.2.2 Diodo emisor de luz.</p> <p>3.2.3 Diodo láser.</p> <p>3.2.4 Celda fotovoltaica.</p> <p>3.1 Fotoresistor.</p>
4	Dispositivos bipolares y unipolares.	<p>4.1 Dispositivos bipolares.</p> <p>4.1.1 Parámetros de corriente (alfa y beta); corriente de fuga.</p> <p>4.1.2 Funcionamiento del transistor bipolar BJT.</p> <p>4.1.3 Curvas características y regiones de operación.</p> <p>4.1.4 Configuraciones básicas (BC, EC, CC).</p> <p>4.1.5 Aplicaciones básicas.</p> <p>4.2 Dispositivos unipolares.</p> <p>4.2.1 Parámetros eléctricos (<math>V_P</math>, <math>V_{GS}</math>, <math>I_{DSS}</math>, <math>I_D</math>, transconductancia).</p> <p>4.2.2 Funcionamiento del JFET.</p> <p>4.2.3 Funcionamiento del MOSFET.</p> <p>4.2.4 Configuraciones básicas.</p> <p>4.2.5 Aplicaciones básicas.</p>
5	Dispositivos Especiales.	<p>5.1 Familia de tiristores (SCR, DIAC, TRIAC).</p> <p>5.2 UJT y PUT.</p> <p>5.3 MOSFET de potencia.</p> <p>5.4 IGBT.</p> <p>5.5 GTO.</p>

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El profesor debe:

Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida y como obstáculo para la construcción de nuevos conocimientos.

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración entre los estudiantes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos y de terminología científico-tecnológica.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una ingeniería con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- La evaluación debe ser diagnóstica, formativa y sumativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:
  - Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
  - Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
  - Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
  - Tareas para estudio independiente en clase y extra-clase.
  - Exposición con medios didácticos.
  - Portafolio de evidencias.
  - Participación plenaria.
  - Reportes técnicos de prácticas de laboratorio y de campo.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Introducción a la Física del Semiconductor.

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Analizar el comportamiento eléctrico de los sólidos cristalinos para comprender su interacción con diferentes tipos de energía.	<ul style="list-style-type: none"><li>1.1 Buscar información para identificar las diferencias entre semiconductores intrínsecos y extrínsecos, así como interpretar los distintos parámetros que se manifiestan en ellos.</li><li>1.2 Analizar y describir los fenómenos que se presentan en una UNION PN, con y sin aplicación de un campo eléctrico externo</li><li>1.3 Representar una red cristalina de material semiconductor, por medio del modelo de enlace covalente.</li><li>1.4 Clasificar los materiales semiconductores de acuerdo a la concentración de portadores de carga.</li><li>1.5 Representar los diferentes tipos de semiconductores por medio de diagramas de bandas de energía.</li><li>1.6 Analizar y explicar los conceptos de: conductividad, densidad de corriente, corriente por difusión y corriente por arrastre.</li><li>1.7 Realizar prácticas para observar el comportamiento eléctrico, donde se pueda variar la temperatura.</li><li>1.8 Explicar el fenómeno de la</li></ul>

	fotoconductividad.
--	--------------------

## Unidad 2: Unión P-N

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Analizar el comportamiento de la unión P-N en estado estable y transitorio, en polarización directa, y el fenómeno de ruptura en inversa (avalancha , zener), para su aplicación en circuitos de rectificación, limitadores, recortadores y regulación.</p>	<p>2.1 Explicar el comportamiento eléctrico de la unión por medio de diagramas de bandas de energía.</p> <p>2.2 Investigar el funcionamiento interno de un diodo de propósito general.</p> <p>2.3 Graficar y describir el comportamiento de un diodo de propósito general a partir de la ecuación de shockley.</p> <p>2.4 Investigar y graficar el comportamiento interno del diodo Zener.</p> <p>2.5 Analizar de forma teórica y práctica la polarización inversa y directa, así como observar los fenómenos de ruptura por avalancha y zener de la Unión PN.</p> <p>2.6 Diferenciar técnicas de fabricación de uniones PN.</p> <p>2.7 Describir el funcionamiento de los diodos: láser, LED, fotodiodos, celdas solares, definiendo las diferencias y aplicaciones de cada uno de estos dispositivos.</p>

## Unidad 3: Dispositivos de Unión

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer el funcionamiento de los dispositivos de unión partiendo de las características de construcción y las diferencias de diseño para su aplicación posterior en circuitos.</p>	<p>3.1 Elaborar un cuadro comparativo de los diferentes dispositivos de unión, usando como parámetros de comparación las características de diseño.</p> <p>3.2 Explicar las diferencias en el funcionamiento de los dispositivos de unión a partir de las características de diseño,</p> <p>3.3 Consultar las hojas de datos y operación de los fabricantes de dispositivos electrónicos.</p>

	Obtener las curvas características de diferentes dispositivos de unión.
--	---

#### Unidad 4: Dispositivos Bipolares y Unipolares

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Analizar la construcción, las características y el comportamiento eléctrico de los dispositivos bipolares y unipolares para su aplicación en circuitos electrónicos.	<p>4.1 Elaborar los diagramas de las Bandas de energía para los BJT's, (NPN y PNP).</p> <p>4.2 Explicar el principio de operación de Los BJT'S a partir de la polarización de sus uniones.</p> <p>4.3 Explicar el principio de operación del FET a partir de su construcción y polarización.</p> <p>4.4 Comparar las diferencias de construcción y operación entre los FET's y MOSFET's.</p> <p>4.5 Consultar los parámetros de operación en las hojas de datos del fabricante para los BJT's y FET's.</p>

#### Unidad 5: Dispositivos Especiales

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Identificar los dispositivos que forman la familia de los tiristores.</p> <p>Analizar y comprender el comportamiento eléctrico de los tiristores.</p>	<p>5.1 Identificar las diferencias entre los dispositivos que forman la familia de los tiristores.</p> <p>5.2 Elabora un cuadro comparativo de los diferentes dispositivos de la familia de los tiristores, utilizando como parámetros de comparación las características de construcción y parámetros eléctricos.</p> <p>5.3 A partir de las características de diseño, explicar las diferencias en el funcionamiento de los diferentes dispositivos.</p> <p>5.4 Consultar hojas de datos de los fabricantes para los dispositivos electrónicos.</p> <p>5.5 Obtener las curvas características de los diferentes dispositivos de unión, y define los parámetros eléctricos.</p>

Haga clic aquí para escribir texto.

## **11.- FUENTES DE INFORMACIÓN**

- 1 Ben G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee; 2006  
Solid State Electronic Devices  
Sixth edition, Pearson Prentice Hall
- 2 Boylestad R. Nashelsky L.  
Electrónica Teoría de Circuitos  
Prentice Hall
- 3 Sze S. M.E  
Physics of Semiconductors Devices  
John Wiley and. Sons Inc.
- 4 Savant, Roden, Carpenter,  
Diseño Electrónico, Circuitos y Sistemas  
Prentice Hall
- 5 Jasprit Sing  
Dispositivos semiconductores  
Mc. Graw Hill
- 6 Motorola.  
Thyristor Device Data.

## **12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS**

- Aprender el manejo de los instrumentos de prueba y medición.
- Simular las curvas características de los dispositivos semiconductores.
- Determinar la necesidad de conocer las hojas de datos de los dispositivos semiconductores.
- Medición de parámetros de los semiconductores.