



Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sostenibilidad Ambiental.
Clave de la asignatura:	FDL-2306
SATCA¹:	4-1-5
Carrera:	Ingeniería en Semiconductores y afines

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>La asignatura de sostenibilidad ambiental proporciona una visión integral del impacto que tiene la industria de fabricación de semiconductores en el medio ambiente y la salud ocupacional, así como las vías que se tienen para mitigar dicho impacto y la normatividad aplicable para garantizar el equilibrio ecológico.</p> <p>La asignatura aporta al perfil de egresado (falta definir carrera) el conocimiento y la capacidad de análisis sobre el impacto que tienen los procesos productivos y demás actividades asociadas a la industria de los semiconductores, así como el conocimiento necesario para diseñar e implementar estrategias que permitan la mitigación del impacto ambiental y laboral en materia de salud y seguridad ocupacional, ayudándose para ello de la normatividad aplicable y diversos métodos propuestos.</p> <p>La asignatura forma parte de la especialidad de fabricación de dispositivos electrónicos y circuitos integrados y está relacionada con la asignatura de procesos de fabricación de materiales semiconductores y circuitos integrados y la asignatura de fundamentos de química, relacionadas principalmente en los temas 1 y del 2 al 4 respectivamente.</p>
<p>Intención didáctica</p> <p>El contenido de la asignatura se organiza en 5 temas, donde primero se muestran conceptos e información básica sobre el proceso productivo de los semiconductores, los insumos, productos y residuos presentes en el, así como un panorama general de esta industria a nivel mundial. Con estos conocimientos básicos se podrá comprender, entonces, el impacto que tiene esta industrial tanto en el medio ambiente como en la salud de los trabajadores y personal involucrado, y diseñar estrategias de mitigación. Finalmente, la asignatura tiene un apartado para conocer la normatividad aplicable, que será un complemento en los esfuerzos de mitigación de problemas ambientales.</p> <p>De esta manera, el primer tema es la base para conocer el proceso productivo e intuir los posibles impactos que este tiene en el medio ambiente y en la salud y seguridad industrial.</p> <p>En el segundo tema se abordan los principales impactos que tienen los procesos productivos como emisiones a la atmósfera, residuos sólidos, impacto en el agua, consumo de energía, entre otros. En este tema es importante analizar cada uno y vincular la fuente, el nivel y blanco del impacto.</p> <p>En el tema 3 se presentan métodos de prevención y mitigación de contaminantes con el propósito de contar con herramientas e ideas de solución. En este tema se recomiendan</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



métodos, dispositivos o acciones que pueden llevarse a cabo en diferentes partes del proceso productivo y actividades complementarias para la mitigación de riesgos.

En el tema 4 se presenta todo lo relacionado con la salud y seguridad ocupacional, lo cual es de suma importancia y se relaciona con la sostenibilidad ambiental.

Finalmente, en el tema 5 se presenta la normatividad aplicable, sin embargo, el docente tiene la libertad de abordar normas, reglamentos o sistemas que considere prudente, considerando la temporalidad, vigencia, interés local o evolución de la misma normatividad.

En cuanto a la dedicación de tiempo para cada tema, se recomienda profundizar menos en el tema 1 e invertir más tiempo en el tema 3. De esta manera, se recomienda brindarle 2 semanas al tema 1, 3 semanas al tema 2, 5 semanas al tema 3, 3 semanas el tema 4 y 3 semanas al tema 5.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
TecNM / Instituto Tecnológico de Aguascalientes, del 25 de marzo al 4 de mayo de 2023.	TecNM / Instituto Tecnológico de Aguascalientes	Reunión para el diseño curricular de las especialidades del proyecto de semiconductores del TecNM.

4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

Habilidades, saberes, destrezas específico(s) de la asignatura

Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta materia, el alumno desarrollará habilidades, saberes y destrezas 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 autoaprendizaje.

De una manera específica, el estudiante conoce acerca del proceso productivo de los semiconductores y en general de los sistemas integrados. Es capaz de analizar cada parte del sistema productivo y el valor que agrega al producto final. Una vez que comprende el proceso es capaz de analizar el impacto ambiental que tiene, sus consecuencias y problemas que se originan. Conoce, analiza y propone estrategias de mitigación de riesgos ambientales y laborales. Comprende el equilibrio que debe mantenerse entre la producción y el impacto ambiental y laboral para toma de decisiones.



5. Habilidades, saberes, destrezas previas

Conocimiento/definición de un proceso productivo
Concepto de equilibrio ecológico
Conocimiento/definición de una sustancia química
Conocimiento /definición de sustancias químicas y residuos químicos peligrosos
Conocimiento básico de salud e higiene laboral
Identifica las normas de una manera general

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la Industria de Semiconductores	1.1 Definiciones y conceptos generales 1.2 Panorama mundial, regional y local de la industria de los Semiconductores 1.3 Descripción general del proceso productivo 1.3.1 Insumos 1.3.2 Productos y subproductos 1.3.3 Residuos
2	Impacto Ambiental de la Industria de Semiconductores	2.1 Emisiones a la atmósfera 2.2 Aguas residuales 2.3 Residuos Sólidos y contaminación del suelo 2.4 Consumo de energía (o de energéticos). 2.5 Materiales y sustancias peligrosas 2.6 Impactos generales del proceso 2.7 Análisis del Ciclo de Vida de materiales y productos
3	Prevención de la Contaminación y Mitigación de Impactos Ambientales.	3.1 Optimización de procesos (Modificación del proceso). 3.1.1 Tecnologías limpias 3.1.2 Energías Alternativas 3.1.3 Química Verde 3.1.4 Sustitución Química 3.1.5 Eficiencia de energía (Enfriadores de alto rendimiento, a recuperación del calor, etc.). 3.2 Sistemas para la reducción de las emisiones de gases y partículas 3.2.1 Sistemas generales 3.2.2 Reducción de vapores ácidos (depuradores húmedos horizontales). 3.2.3 Reducción de los compuestos orgánicos volátiles (COV) (Oxidantes térmicos regenerativos, Lecho fijo de carbón absorbente, lecho fluido de carbón absorbente, etc.). 3.3 Tratamiento de Aguas Residuales



		<p>3.3.1 Aguas residuales del proceso industrial</p> <p>3.3.2 Otras corrientes de aguas residuales</p> <p>3.3.3 Aprovechamiento de Aguas Tratadas (residuales).</p> <p>3.3.4 Aprovechamiento de agua pluvial</p> <p>3.4 Manejo de Residuos</p> <p>3.4.1 Residuos de Manejo Especial</p> <p>3.4.2 Residuos Peligrosos</p> <p>3.4.2.1 Metales Pesados</p> <p>3.4.2.2 Sustancias tóxicas (crónicas, agudas y ambientales).</p>
4	Salud y Seguridad Ocupacional	<p>4.1 Sustancias químicas peligrosas</p> <p>4.2 Riesgos de origen químico y energético</p> <p>4.3 Radiación ionizante y no ionizante</p> <p>4.4 Equipo de protección personal</p> <p>4.5 Manejo y mitigación de riesgos</p> <p>4.6 Comunicación de riesgos</p>
5	Normatividad Ambiental.	<p>5.1 Normas y organismos internacionales</p> <p>5.1.1 Gestión Ambiental</p> <p>5.1.2 Responsabilidad Social</p> <p>5.2 Normas y organismos nacionales</p> <p>5.2.1 CPEUM</p> <p>5.2.2 LGEEPA</p> <p>5.2.3 LGPGIR</p> <p>5.2.4 Reglamentos federales</p> <p>5.2.5 NOMs</p> <p>5.2.6 Estándares</p> <p>5.3 Regulaciones locales</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción a la Industria de Semiconductores	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Conoce el panorama general del proceso industrial de los semiconductores incluyendo sus conceptos, definiciones, insumos, productos y residuos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de integración. Capacidad de análisis y síntesis, Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. Comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar sobre definiciones y conceptos generales. Realizar de manera individual, diagramas y mapas conceptuales en la que interrelacionan los conceptos revisados en clase. Realizar una investigación con el fin de discutir en clase el panorama mundial, regional y local de la industria de los semiconductores. Investigar acerca del proceso productivo de los semiconductores en particular sobre sus insumos, productos y subproductos, y sus residuos.



<ul style="list-style-type: none"> • Sentido ético de la vida, • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar artículos de divulgación y de revistas indexadas sobre temas selectos relacionados con los semiconductores.
Impacto Ambiental de la Industria de Semiconductores	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica los diferentes impactos a la atmósfera, agua, suelo y recursos naturales derivados del proceso industrial de los semiconductores, caracterizándolos y dimensionándolos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de integración. • Capacidad de análisis y síntesis, • Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. • Comunicación oral y escrita. • Sentido ético de la vida, • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar y discutir documentos oficiales sobre la calidad del aire y las emisiones a la atmosfera de las actividades industriales. • Investigar sobre las características de las aguas residuales de proceso y los efectos que estas pueden generar en el ambiente. • Investigar sobre los diferentes tipos de residuos que pueden generarse durante proceso y los efectos que estos pueden generar en el ambiente. • Realizar discusiones dirigidas sobre el consumo de energía en el proceso industrial de los semiconductores teniendo como soporte documentos técnico-científicos. • Investigar y comentar en clase los efectos ambientales de las sustancias empleadas durante el proceso industrial de los semiconductores. • Realizar discusiones grupales sobre los impactos generares que pueden producirse como parte del proceso industrial de los semiconductores. • Realizar un análisis del Ciclo de Vida de los principales insumos de los semiconductores, basándose en investigación bibliográfica y en lluvia de ideas.
Prevención de la Contaminación y Mitigación de Impactos Ambientales.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica los diferentes métodos, técnicas, acciones, medidas, instrumentos y aparatos empleados para la prevención y control de la contaminación y la mitigación de impactos ambientales, en función del factor ambiental afectado y la fuente de impacto o contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer que sustancias químicas y aparatos originan preocupaciones específicas en materia de salud y seguridad ambiental. • Identificar los residuos y subproductos derivados de la fabricación de tarjetas de cableado impreso (PWB), tarjetas de circuito impreso (PCB) y semiconductores. • Mediante técnicas grupales, Identifica la gestión adecuada de los subproductos químicos, residuos y emisiones para garantizar la protección del medio ambiente.



<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de integración. • Capacidad de análisis y síntesis, • Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. • Comunicación oral y escrita. • Sentido ético de la vida, • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante la consulta de textos especializados en el tema, así como trabajo de grupos, presentan un esbozo de los subproductos y residuos claves, tipos de efectos medioambientales y los medios aceptados en general para la mitigación y el control de residuos que se generan en la fabricación de las PWB, PCB y semiconductores. • Investigar las condiciones necesarias para llevar a cabo la precipitación química (pH, concentración del metal, de tipo de metal y presencia de otros iones, agentes de precipitación,) para la eliminación de partículas o metales solubles de los efluentes de aguas residuales. • Investigar y comparar entre equipos y en forma grupal, las características de la incineración como tratamiento para los residuos de disolventes y metales generados durante la fabricación de PWB, PCB y semiconductores. • Investigar y comentar en clase los métodos empleados para el control de las emisiones a la atmósfera por los métodos de incineración, absorción y adsorción. • Utilizando diferentes bibliografías proponer energías alternativas y equipo especial, que combine la mejora de la eficiencia del proceso con la eficiencia energética
<p>Salud y Seguridad Ocupacional</p>	
<p>Habilidades, saberes, destrezas</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica los aspectos y partes del proceso de aseguramiento de la salud y seguridad aplicables al personal involucrado durante el proceso de diseño y manufactura de semiconductores. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidad para identificar y evaluar riesgos. • Destreza para aplicar medidas de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas mentales: Solicitar a los alumnos que creen mapas mentales de las sustancias químicas peligrosas y sus efectos sobre la salud, para ayudarles a visualizar y recordar la información de manera más efectiva. • Simulaciones de situaciones de riesgo: Crear situaciones simuladas en las que los alumnos tengan que utilizar equipo de protección personal para protegerse de riesgos asociados al proceso de diseño y fabricación de semiconductores. De esta manera, podrán experimentar de manera práctica la importancia del equipo de protección personal y cómo la mitigación de riesgos puede ayudar a su bienestar en el contexto de la industria.



<ul style="list-style-type: none"> Habilidad para utilizar equipos de protección personal. Destreza para identificar sustancias químicas peligrosas. Habilidad para realizar inspecciones de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> Presentaciones y discusiones en grupo: Realizar presentaciones y discusiones en grupo sobre la importancia del equipo de protección personal y la mitigación de riesgos en la industria de diseño y fabricación de semiconductores. Esto puede ayudar a los alumnos a comprender mejor cómo estas medidas de seguridad son esenciales para proteger su salud y seguridad en el trabajo.
<p>Normatividad Ambiental</p>	
<p>Habilidades, saberes, destrezas</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Conoce la normatividad ambiental a nivel internacional, nacional y local que resulta aplicable al proceso industrial de los semiconductores, en particular aquellas obligaciones o requerimientos a los que debe darse cumplimiento. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de integración. Capacidad de análisis y síntesis, Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. Comunicación oral y escrita. Sentido ético de la vida, Habilidades de investigación. Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar acerca de la normatividad vigente a nivel internacional, nacional y local y elaborar diagramas de flujo de los procedimientos legales y administrativos que corresponden. Realizar mapas conceptuales que integren competencias de cada orden de gobierno. Revisar y analizar las leyes y reglamentos que competen a cada orden de gobierno. Revisar y analizar las Normas Oficiales Mexicanas y las Normas Mexicanas. Investigar en grupo sobre el cumplimiento de las NOM y discutir sobre las mismas en el grupo. Realizar una investigación exhaustiva acerca de las licencias, autorizaciones, permisos y trámites vigentes y requeridos para la industria de los semiconductores y lo expondrá de manera conjunta con un equipo de trabajo.



8. Práctica(s)

- Práctica 1. Se propone que los alumnos separen los componentes de equipos de tecnologías obsoletas para disponerlos en el arreglo de nuevos dispositivos.
- Práctica 2. Simulacros para la atención de situaciones de emergencia relacionados con intoxicación y derrames de sustancias químicas.
- Práctica 3. Simulación del uso de energías alternativas en ámbitos antrópicos.
- Práctica 4. Clasificación de los nuevos tipos de desechos electrónicos.
- Práctica 5. Visitas a centros de separación y confinamientos de sustancias químicas y/o desechos electrónicos.
- Práctica 6. Visitas a plantas de tratadoras de agua principalmente de fuentes industriales.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance del(los) logro(s) formativo(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las habilidades, saberes, destrezas genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de "evaluación para la mejora continua", la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.



10. Evaluación de habilidades, saberes, destrezas

Las habilidades, saberes y destrezas podrán ser evaluadas al término de cada tema mediante un examen teórico de conocimientos, así como trabajos de investigación individuales y ensayos sobre los contenidos abordados.

De manera complementaria durante el desarrollo del curso, los alumnos desarrollaran, por equipos, un trabajo de investigación integrador a través del cual apliquen los conocimientos adquiridos describiendo la forma en que se dará cumplimiento a la normatividad en una planta industrial y seleccionando y justificando los mecanismos que se implementaran para prevenir la contaminación ambiental, mitigar los impactos ambientales y garantizar la seguridad de los trabajadores.

11. Fuentes de información

1. Corporación financiera internacional. Grupo del Banco Mundial. (30 de abril de 2007). Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de semiconductores y otros componentes electrónicos. <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/09038c29-5294-4b94-984c-0e9bdcdf95e6/0000199659ESes%2BSemiconductors%2Band%2BOther%2BElectronic%2BMnfg-rev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nPtj2Sz>
2. Semiconductor Industry Association. 2000. Occupational Health System 2000 Annual Survey of Work Injuries and Illnesses. San José, California.
3. US Environmental Protection Agency (EPA). 1995. Electronic and Computer Industry, Sector Notebook Project. Washington, DC.
4. Neamen, D. A. (2012). Semiconductor Physics and Devices, Basic principles, 4a edition New York Mc Graw-Hill.
5. Neudeck, G. W. (1993). El Diodo PN de Unión, 2a edición, Wilmington Addison-Wesley Iberoamericana.
6. Bolmen, R. A. (Ed.). (1998). Semiconductor safety handbook: Safety and health in the semiconductor industry. Noyes Publications.
7. Mullen, E., & Morris, M. A. (2021). Green Nanofabrication Opportunities in the Semiconductor Industry: A Life Cycle Perspective. Nanomaterials (Basel, Switzerland), 11(5), 1085. <https://doi.org/10.3390/nano11051085>
8. Brown, C., Linden, G., & Macher, J. T. (2005, January). Offshoring in the semiconductor industry: A historical perspective [with comment and discussion]. In Brookings trade forum (pp. 279-333). Brookings Institution Press.
9. Corey, Richard. Understanding Semiconductors: A Technical Guide for Non-Technical People 1st ed. Edición. APRES. 2022.