

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Corrosión y Degradación
Clave de la asignatura:	MAF-1006
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Materiales

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La aportación de esta asignatura al perfil del Ingeniero en Materiales es la capacidad para identificar y explicar los diferentes mecanismos de corrosión y degradación en materiales metálicos, cerámicos, poliméricos y compuestos.

La selección adecuada de los diferentes materiales en el campo de la producción de equipo de bienes de capital es de vital importancia para considerarlo en el diseño de diversas estructuras con una adecuada resistencia al medio ambiente en que se instalará. De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas: mecanismos de corrosión, leyes de Faraday, ecuación de Nernst, termodinámica y cinética de corrosión. En esta asignatura se estudian los fundamentos de la electroquímica aplicados a la corrosión de los materiales, las técnicas para la determinación de la velocidad de corrosión, tipos de corrosión, y métodos para prevenirla y controlarla.

Intención didáctica

El temario se organiza en seis unidades agrupando los contenidos conceptuales en la primera unidad, con la intención de que el estudiante obtenga la capacidad de entender los fundamentos electroquímicos de la corrosión. La finalidad de esta unidad es que el estudiante haga uso de los diferentes métodos de investigación y exposición para relacionar la electroquímica con el fenómeno de la corrosión.

En la segunda unidad se aborda el tema de la termodinámica de la corrosión concentrándose en la ecuación de Nernst y los diagramas de Pourbaix. Se aborda el tema de una manera teórica al desarrollar los fundamentos termodinámicos y después se le da la aplicación práctica mediante prácticas de laboratorio.

En la tercera unidad se aborda la cinética de la corrosión orientándose en las curvas de polarización y cálculo de la velocidad de corrosión. Al igual que la unidad anterior primero se desarrollará el fundamento teórico para luego mediante casos prácticos en el laboratorio y visitas a centros de investigación familiarizarse con el aspecto práctico en la determinación de las velocidades de corrosión.

En la cuarta unidad solo se describen los diferentes tipos de corrosión relacionándolos con los fundamentos electroquímicos, de tal manera que el estudiante identifique y explique las causas

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos
©TecNM mayo 2016

de los diferentes tipos de corrosión.

La quinta unidad analiza los aspectos termodinámicos y cinéticos de la degradación de los cerámicos y polímeros.

Finalmente, la unidad seis se avoca al estudio de métodos de control y protección de la corrosión mediante el estudio de casos reales para que el estudiante realice sus propias deducciones, reflexiones, cálculos y finalmente sepa diseñar un sistema de protección contra la corrosión.

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 que 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 se acostumbre a reconocer 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

El maestro debe transmitir que el proceso de aprendizaje implica la interacción, la maduración y la experiencia; y propiciar que el estudiante se involucre en cada una de las actividades de aprendizaje, asumiendo actitudes participativas, proponiendo, imaginando, creando, organizando y gestionando la información, para construir escenarios de solución a problemas inherentes de su formación profesional.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.

Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Chihuahua, Irapuato, Morelia, Querétaro, Saltillo y Zacatecas.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias, Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Saltillo.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>Aplica los fundamentos de la electroquímica a fin de identificar los diferentes mecanismos de la corrosión y degradación para identificar su efecto y forma de medirla.</p> <p>Determina los métodos de protección contra la corrosión y degradación bajo diferentes situaciones para demostrar su efecto.</p>

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Aplica los conceptos de energía libre de la asignatura de Termodinámica para resolver problemas relacionados con los procesos de corrosión y degradación de los diversos materiales de ingeniería. • Conoce y analiza los diferentes tipos de defectos que se presentan en las estructuras cristalinas para distinguir el efecto de ellos en las propiedades de los materiales. • Aplica los fundamentos de cinética en la resolución de problemas de corrosión y degradación. • Aplica las técnicas de caracterización de materiales
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de la corrosión	1.1. Fundamentos de electroquímica 1.2. Potencial de electrodo 1.3. Mecanismos electroquímicos de la corrosión
2	Termodinámica de la corrosión	2.1. Ecuación de Nernst y estabilidad electroquímica del agua 2.2. Diagramas de Pourbaix 2.3. Mediciones experimentales
3	Cinética de la corrosión	3.1. Polarización electroquímica 3.2. Teoría del potencial mixto 3.3. Curvas de polarización 3.4. Pasivación 3.5. Técnicas electroquímicas para evaluar la velocidad de corrosión 3.6. Cálculos de velocidades de corrosión a partir de las curvas de polarización
4	Tipos de corrosión y estudio de casos	4.1. Uniforme 4.2. Galvánica 4.3. Grieta o hendidura y picadura 4.4. Intergranular 4.5. Fragilización por hidrógeno 4.6. Bajo esfuerzo 4.7. A altas temperaturas 4.8. Bacteriana 4.9. Corrosión atmosférica 4.10. Corrosión por fatiga
5	Degradación de cerámicos y polímeros	5.1. Aspectos termodinámicos y cinéticos de la degradación de los cerámicos 5.2. Mecanismos de degradación de los polímeros 5.3. Agentes degradantes de los polímeros 5.4. Tipos de degradación de los polímeros 5.5. Métodos de análisis para degradación de
6	Protección y control de la corrosión	6.1. Diseño y selección de materiales 6.2. Protección catódica 6.3. Protección anódica 6.4. Recubrimientos inorgánicos y orgánicos 6.5. Inhibidores y pasivadores 6.6. Diseño de un sistema de protección catódica

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Fundamentos de la corrosión	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Identifica y aplica los fundamentos electroquímicos de la corrosión para determinar los potenciales electroquímicos. Además, identifica los mecanismos electroquímicos de la corrosión</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión • Capacidad de investigación • Compromiso para la preservación del medio ambiente • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Capacidad de comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los fundamentos de la electroquímica aplicados a la corrosión y elaborar un ensayo. • Construir una celda electrolítica y explicar su funcionamiento en plenaria. • Determinar el potencial de diferentes metales usando los diferentes electrodos de referencia y elaborar una tabla comparativa. • Construir celdas electroquímicas que expliquen los diferentes mecanismos electroquímicos de corrosión.
Termodinámica de la corrosión	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica la ecuación de Nernst para construir los diagramas de Pourbaix de diferentes metales y a partir de estos determinar su estabilidad.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión • Capacidad de investigación • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Capacidad de comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar la ecuación de Nernst y la aplicación de esta en la construcción de diagramas Pourbaix de diferentes metales. • Realizar una tabla comparativa en donde se muestre la variación de los diagramas en función de la temperatura. • Determinar en el laboratorio las condiciones de pH y potencial de electrodo en ambientes ácidos, neutros y alcalinos de diferentes metales y relacionarlos con los diagramas de Pourbaix e interpretar los resultados en un panel de discusión.
Cinética de la corrosión	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza y aplica diferentes métodos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y analizar los diagramas de Tafel y su aplicación en la

<p>electroquímicos para cuantificar la velocidad de corrosión.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión • Capacidad de investigación • Compromiso para la preservación del medio ambiente • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Capacidad de comunicación oral y escrita. 	<p>determinación de la velocidad de corrosión y realizar una reseña.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpretar las curvas de polarización obtenidas en el laboratorio y contrastarlas con las dadas en la literatura realizando un cuadro comparativo. • Investigar y analizar los diagramas de Evans en la determinación de la velocidad de corrosión y realizar ensayo. • Investigar el concepto de pasivación y su aplicación en las curvas de polarización y elaborar un mapa conceptual. • Relacionar los diferentes métodos electroquímicos para medir la velocidad de corrosión y realizar un foro. • Determinar en el laboratorio la velocidad de corrosión de diferentes metales por diferentes métodos y realizar un panel de discusión sobre los resultados obtenidos.
<p>Tipos de corrosión</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Identifica y describe los diferentes tipos de corrosión para distinguirlos y poder determinar su efecto.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión • Capacidad de investigación • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Capacidad de comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y explicar los diferentes tipos de corrosión en una exposición frente a grupo. • Investigar el estado del arte de los diferentes tipos de corrosión y discutirlo en plenaria. • Identificar casos prácticos de cada tipo de corrosión y someterlos a discusión grupal

Degradación de cerámicos y polímeros	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Identifica, analiza e interpreta los aspectos generales de la degradación de los polímeros y cerámicos</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión • Capacidad de investigación • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Capacidad de comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y explicar los diferentes termodinámicos y cinéticos responsables de la degradación de los polímeros y cerámicos en una exposición grupal. • Elaborar mapas conceptuales de los tipos de degradación de los polímeros y cerámicos y relacionarlos con los agentes responsables de la degradación. • Investigar los métodos de análisis para determinar la degradación de los cerámicos y polímeros realizando un debate. • Realizar y generar el reporte de una práctica de degradación de polímeros variando condiciones de humedad y temperatura.
Protección y control de la corrosión	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Evalúa diferentes sistemas de protección contra la corrosión e identifica sus ventajas y desventajas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión • Capacidad de investigación • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Capacidad de comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar mapas conceptuales sobre los diferentes sistemas de protección contra la corrosión. • Discutir en plenaria las ventajas y desventajas de diferentes tipos de métodos para proteger contra la corrosión y degradación un material. • Identificar casos prácticos de cada tipo de corrosión y someterlos a discusión grupal. • Resolver casos prácticos de problemas de corrosión mediante una lluvia de ideas y generar un reporte de la solución(es) propuesta(s). • Visitar empresas dedicadas a la solución de este tipo de problemas y elaborar un reporte técnico.

8. Práctica(s)

- Determinación de zonas sensibles a la corrosión.
- Electrólisis: Electrólisis del agua, agua salada y pilas voltaicas.
- Leyes de Faraday: Determinar velocidad de depositación o disolución de un metal.
- Determinación de potencial de electrodo fabricando un electrodo de Cu/CuSO₄.
- Determinar las condiciones de pH y E de un acero expuesto a agua natural, una solución ácida y una básica y relacionarlas con su diagrama de Pourbaix para determinar en qué condiciones se encuentra (pasivación, corrosión, inmunidad)
- Cinética. Velocidad de corrosión. Determinar la velocidad de corrosión de muestras expuestas en medios acuoso, salino, ácido, alcohol, gasolina, entre otros. Graficar en Excel, comparar y discutir los resultados.
- Técnicas electroquímicas para evaluar la velocidad de corrosión en diferentes medios.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(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 competencias 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.

Desarrollar un prototipo donde se demuestre fisicoquímicamente el efecto causado por la corrosión con y sin un método de protección.

Identificar en diferentes materiales el mecanismo de corrosión y degradación y sugerir un método de protección y control.

10. Evaluación por competencias

- Portafolio de evidencias que contenga ensayos, informes de investigaciones realizadas, prácticas de laboratorio y resolución de ejercicios
- Exposiciones individuales o en grupo.
- Evaluación de exámenes para corroborar el manejo de aspectos teóricos

Para evaluar las actividades de aprendizaje se recomienda: mapas conceptuales, reportes, estudios de casos, exposiciones en clase, ensayos, solución de problemas y reportes de visitas industriales y exámenes

Para verificar el nivel del logro de las competencias del estudiante se recomienda utilizar: listas de cotejo, listas de verificación, rubricas.

11. Fuentes de información

1. Peabody, A.W. (2001). *Control of Pipeline Corrosion*. NACE International
2. Jones, D. A. (1991). *Principles and Prevention of Corrosion*. Maxwell Macmillan International.
3. Chateau, J. (2004). *Corrosión Bacteriana*. LIMUSA.
4. Morgan, J. (2000). *Cathodic Protection*. NACE International.
5. Pourbaix, Marcel. (1973). *Lectures on Electrochemical Corrosion*. Springer.
6. Askeland, D. R., y Phule Pradeep, P. (2011). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Thomson.
7. ASM Handbook. (1995). *Corrosion*. ASM
8. <http://depa.fquim.unam.mx/labcorr/libro/RuidoElectoquimico.PDF>