

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Diseño de Experimentos Ambientales
<b>Clave de la asignatura:</b>	AMC-1005
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	2-2-4
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Ambiental

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Ambiental la capacidad para participar en el desarrollo y ejecución del protocolo o parte de él, de investigación básica o aplicada para la resolución de problemas ambientales.

Para integrarla se hizo un análisis de la Estadística Inferencial, identificando los temas que tienen una mayor aplicación en el quehacer profesional de este ingeniero y dará soporte a otras materias vinculadas con desempeños profesionales, por lo que se imparte en el tercer semestre de la trayectoria escolar.

### Intención didáctica

Se organiza el temario en cuatro temas, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura. El primer tema aborda de regresión.

En el segundo tema, trata el diseño estadístico de un solo factor.

El tercer tema se abordan las diferentes técnicas de los diseños de experimentos de bloques.

El último tema, se explican los diseños factoriales.

Se sugiere como actividad el uso de software para cada tema, que permita aplicar los conceptos estudiados dando un cierre al tema mostrándola como útil por sí misma.

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 conclusiones que lleven al alumno a ampliar su criterio y pueda tomar decisiones coherentes.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el docente, busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las hipótesis a probar, para que aprendan a identificar los factores que causen efectos significativos y puedan obtener conclusiones adecuadas y tomar las decisiones pertinentes.

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 pueden hacerse 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 las variables que puede controlar en el diseño de experimento, así como los factores involucrados y no

sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, desde un enfoque ambiental.

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

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el alumno aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el docente ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 7 al 11 de septiembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiaro y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Celaya del 8 al 12 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiaro y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.

<p>Instituto Tecnológico de Villahermosa, del 19 al 22 de marzo de 2013.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:</p> <p>Cajeme, Campeche, Cd. Guzmán, Cd. Madero, Celaya, Centla, Champotón, Coacalco, Colima, Ixtapaluca, Lerdo, Los Ríos, Matamoros, Mérida, Minatitlán, Morelia, Múzquiz, Nuevo León, Oriente del Estado de México, San Andrés Tuxtla, San Martín Texmelucan, Santiago Papasquiario, Tehuacán, Tlajomulco y Villahermosa.</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería Química, del SNIT.</p>
<p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:</p> <p>Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiario,</p>	<p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p>

	<p>Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec.</p> <p>Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	
--	--	--

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) a desarrollar(s):

5. **Competencias previas**
- Analiza, identifica y aplica métodos estadísticos útiles en la investigación, que permitan abordar fenómenos tecnológicos y ambientales, así como facilitar la estimación e interpretación lo cual
- Aplicación de modelos probabilísticos a diversos problemas teóricos en el campo de la Ingeniería Ambiental
  - Aplicación de métodos estadísticos más adecuados para coleccionar, representar y analizar información para hacer inferencias válidas
  - Resolución de problemas que involucren fenómenos aleatorios en el ámbito de la Ingeniería Ambiental.
  - Asociar el comportamiento de variables con una representación gráfica y elegir una función. (Concepto de función).
  - Manejo de hojas de cálculo y software especializado.
  - Aceptación en la interpretación de los resultados de calidad

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
• 1	• Regresión lineal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regresión lineal simple.</li> <li>• Estimación de parámetros.</li> <li>• Prueba de significancia.</li> <li>• Medidas de adecuación del modelo (análisis residual, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación)</li> <li>• Estimación de intervalo de predicción.</li> <li>• Regresión lineal múltiple.</li> <li>• Estimación de parámetros.</li> <li>• Prueba de significancia.</li> <li>• Prueba de coeficientes individuales.</li> <li>• Medidas de adecuación del modelo de regresión (análisis residual, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación)</li> <li>• Estimación del intervalo de predicción.</li> <li>• Paquete computacional para la solución de</li> </ul>

		<p>problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.3.1 Elaboración de análisis de significancia en JMP8.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de experimentos de un factor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 El análisis de varianza de un solo sentido.</li> <li>2.2 Análisis del modelo de efectos fijos <ul style="list-style-type: none"> <li>2.2.1 Descomposición de la suma total de cuadrados.</li> <li>2.2.2 Análisis estadístico</li> <li>2.2.3 Estimación de los parámetros del modelo.</li> <li>2.2.4 El caso desbalanceado.</li> </ul> </li> <li>2.3 Comparación entre las medias de los tratamientos. <ul style="list-style-type: none"> <li>2.3.1 Elaboración de tablas ANOVA.</li> <li>2.3.2 Método de la diferencia mínima significativa.</li> <li>2.3.3 Prueba de Tukey.</li> </ul> </li> <li>2.4 El modelo de efectos aleatorios. <ul style="list-style-type: none"> <li>2.4.1 Modelo lineal aditivo.</li> </ul> </li> <li>2.5 Verificación de la adecuación del modelo. <ul style="list-style-type: none"> <li>2.5.1 Generación de los residuos.</li> <li>2.5.2 La suposición de normalidad. <ul style="list-style-type: none"> <li>2.5.2.1 Prueba de Shapiro- Wilk.</li> </ul> </li> <li>2.5.3 Prueba de Bartlett para igualdad de varianzas.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseños de Bloques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 El diseño de bloques totalmente aleatorizado. <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1.1 Tabla ANOVA.</li> <li>3.1.2 Soluciones de bloques totalmente aleatorizados en JMP8.</li> </ul> </li> <li>3.2 Verificación de la adecuación del modelo. <ul style="list-style-type: none"> <li>3.2.1 Generación de los residuos.</li> <li>3.2.3 La suposición de la normalidad.</li> </ul> </li> <li>3.3 Diseño de cuadro latino.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducción a los diseños factoriales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Definiciones y principios básicos.</li> <li>4.2 Diseño factorial de dos factores. <ul style="list-style-type: none"> <li>4.2.1 Análisis estadísticos del modelo de efectos fijos.</li> <li>4.2.2 Comparaciones múltiples.</li> </ul> </li> <li>4.3 Tratamiento con datos desbalanceados.</li> <li>4.4 Diseños factoriales.</li> </ul>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Regresión lineal	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s):	<ul style="list-style-type: none"> <li>Discutir sobre los datos adecuados que puedan analizarse estadísticamente y con</li> </ul>

<p>Identifica los procedimientos para realizar el análisis de regresión simple, para inferir el comportamiento de un fenómeno.</p> <p>Identifica los procedimientos para realizar el análisis de regresión múltiple, para inferir el comportamiento de un fenómeno.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de integración, capacidad de análisis y síntesis, habilidad para buscar y analizar fuentes diversas, comunicación oral y escrita, integración multidisciplinaria, sentido ético de la vida, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, habilidades de investigación, aplica estrategias de administración de la seguridad en el trabajo, capacidad de aprender.</p>	<p>base en esta discusión, formalizar el análisis de regresión elegido.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la relación entre la variable de respuesta y la (s) variable (s) de control.</li> <li>• Analizar sistemas de su entorno desde un punto de vista ambiental.</li> <li>• Realizar un ejercicio práctico donde se lleven a cabo la selección de riesgo y la toma de muestra y premuestra.</li> <li>• Llevar a cabo una selección de puntos muestrales utilizando tablas de aleatoriedad.</li> </ul>
<p>2.- Diseño de experimentos con un factor</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Conoce los conceptos fundamentales de diseño de experimentos.</p> <p>Conoce los procedimientos de los diseños de experimentos con un factor para realizar análisis de varianza.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de integración, capacidad de análisis y síntesis, habilidad para buscar y analizar fuentes diversas, comunicación oral y escrita, integración multidisciplinaria, sentido ético de la vida, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, habilidades de investigación, aplica estrategias de administración de la seguridad en el trabajo,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre los datos adecuados que puedan analizarse estadísticamente y con base en esta discusión formalizar el diseño de experimento.</li> <li>• Calcular medias y varianzas de un experimento.</li> <li>• Investigar la relación entre la variable de respuesta y el factor que la afecta.</li> <li>• Utilizar software para el análisis de casos de estudio.</li> <li>• Presentar trabajos de aplicación de las técnicas de diseño de experimentos con un solo factor.</li> <li>• Analizar casos de estudio de diseño de experimentos con un factor, desde un punto de vista ambiental.</li> </ul>



capacidad de aprender.	
------------------------	--



3.- Diseños de Bloques	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Conoce los procedimientos de los diseños de experimentos de bloques para realizar análisis de varianza en dos sentidos.</p> <p>Realiza análisis de varianza donde se involucren más de un factor para aplicar los métodos de cuadrado latino y grecolatino.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de integración, capacidad de análisis y síntesis, habilidad para buscar y analizar fuentes diversas, comunicación oral y escrita, integración multidisciplinaria, sentido ético de la vida, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, habilidades de investigación, aplica estrategias de administración de la seguridad en el trabajo, capacidad de aprender.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre los datos adecuados que puedan analizarse estadísticamente y con base en esta discusión formalizar el diseño del experimento elegido.</li> <li>• Investigar la relación entre la variable de respuesta y los factores que la afectan.</li> <li>• Analizar la relación entre los factores y su correspondiente nivel.</li> <li>• Utilizar software para el análisis de experimentos con varios factores.</li> <li>• Presentar trabajos de aplicación de las técnicas utilizadas.</li> <li>• Analizar casos de estudio desde un punto de vista ambiental.</li> </ul>
4.- Introducción a los diseños factoriales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Conoce los procedimientos de los diseños factoriales y realiza un análisis estadístico empleando los diseños factoriales.</p> <p>Genéricas. Capacidad de integración, capacidad de análisis y síntesis, habilidad para buscar y analizar fuentes diversas, comunicación oral y escrita, integración multidisciplinaria, sentido ético de la vida, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, habilidades de investigación, aplica estrategias de administración de la</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre los datos adecuados que puedan analizarse estadísticamente y con base en esta discusión formalizar el diseño factorial elegido.</li> <li>• Investigar la relación entre la variable de respuesta y los factores que la afectan.</li> <li>• Analizar la relación entre los factores y su correspondiente nivel.</li> <li>• Analizar sistemas de su entorno desde un punto de vista ambiental.</li> <li>• Utilizar software para el análisis de casos de estudio.</li> <li>• Presentar trabajos de aplicación de las técnicas aprendidas.</li> </ul>

seguridad en el trabajo, capacidad de aprender.	
---	--

## 8. Práctica(s)

- Visita a bancos de información para obtener datos y ensayar grupos de datos experimentales derivando fuentes de información e interpretarlas.
- Manejo de software simplificado dirigido a la agrupación, análisis e interpretación de resultados en base a los diseños experimentales estudiados en el curso.
- Simula la aplicación de diseños experimentos a estudios de casos en el campo de la Ingeniería Ambiental.
- Realiza visitas guiadas a centros o empresas afines en el entorno, para ejemplificar y clarificar la estructura y aplicación de los distintos protocolos de diseño de experimentos en el ámbito de la Ingeniería Ambiental.

## 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 cual implica el desarrollo del conocimiento, habilidades y competencias de los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser continua y formativa 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.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Resolución de problemas con apoyo de software.

## 11. Fuentes de información

1. Genichi Taguchi, Subir Chowdhury, Yui Wu. Taguchi's quality engineering handbook. Pearson Education.
2. Gutiérrez P., H. y de la Vara S. R. (2004). Análisis y diseño de experimentos. México: Mc Graw Hill.
3. Hines, W.W. y Montgomery, D.C. (1993). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración. (3ª Ed). México: CECSA.
4. Infante G., S. y Zárate de L., G. (1984). Métodos Estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. (3ª Reimpr. 1996). México: Trillas.
5. Kuehl, R.O. (2001). Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. (2ª Ed.) México: Thomson.
6. Levin, R.I. y Rubin, D.S. (1996). Estadística para Administradores. (6a Ed.). México: Prentice Hall Hispanoamericana.
7. Mason, R.D.; Lind, D.A. y Marchal, W.G. (2001). Estadística para Administración y Economía. (3a Ed.) México: Mc Graw Hill.
8. Mason, R.D.; Lind, D.A. y Marchal, W.G. (2002). Estadística para Administración y Economía. (10a Ed.) México: Alfaomega.
9. Miller, I.R., Freund, J.E. y Johnson, R. (1992). Probabilidad y Estadística para Ingenieros. (4ª Ed.). Cuarta Edición. México: Prentice Hall.
10. Montgomery, D.C. y Runger, G.C. (1996). Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería. México: Mc Graw Hill.
11. Montgomery, D.C. (2002). Diseño y análisis de experimentos. (2ª Ed.) México: Limusa.
12. Spiegel, M. R. (1991). Probabilidad y estadística. México: Mc Graw Hill.
13. Spiegel, M. R.; Schiller, J. y Alu S., R. (2003). Probabilidad y estadística. México: Mc Graw Hill.
14. Ranjit K. Roy. Desing of Experiments Using the Taguchi Approach: 16Steps to product and Process. Wiley, John & Sens, Incorporated.
15. Qualitek-4 software for Automatic Desing and Analysis of Taguchi Experiments.
16. Walpole, R. E.; Myers, R. H.; Myers, S. L. y Keying, Y. (2007). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. (8ª Ed.). México: Prentice Hall – Pearson.