

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

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

## 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 unidades, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura.

La primera unidad aborda la unidad correspondiente al análisis de regresión.

En la segunda unidad, así como los diseños estadísticos de un solo factor.

En la tercera unidad se abordan las diferentes técnicas de los diseños de experimentos de bloques.

Posteriormente, en una siguiente unidad se explican los diseños factoriales.

Se sugiere como actividad el uso de software para cada unidad, que permita aplicar los conceptos estudiados dando un cierre a la unidad 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 profesor 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.

---

\* Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

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.

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 estudiante 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 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>• Analizar, identificar y aplicar métodos estadísticos útiles en la investigación, que permitan abordar fenómenos tecnológicos y ambientales así como facilitar la estimación e interpretación lo cual permitirá dar solución eficaz a problemas relacionados con la Ingeniería Ambiental.</li></ul>	<p><b>Competencias genéricas</b></p> <p><b>Competencias instrumentales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organizar y planificar.</li><li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua.</li><li>• Conocimiento de una segunda lengua</li><li>• Habilidades de manejo de la calculadora.</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><b>Competencias interpersonales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad crítica y autocrítica</li><li>• Trabajo en equipo</li><li>• Habilidades interpersonales</li></ul> <p><b>Competencias sistémicas</b></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>• Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.</li><li>• Preocupación por la calidad.</li><li>• Búsqueda del logro.</li></ul>
--	---

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>IT de Villahermosa</p> <p>Del 7 al 11 de septiembre de 2009</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:</p> <p>IT de Celaya</p> <p>IT de Mérida</p> <p>IT de Minatitlán</p> <p>IT de Nuevo León</p> <p>ITS de Santiago Papasquiario</p> <p>IT de Villahermosa</p>	<p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la formación y desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ingeniería Ambiental</p>
<p>Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiario y Villahermosa.</p> <p>Fecha: 17 de septiembre de 2009 a 5 de febrero de 2010</p>	<p>Representante de la Academia de Ingeniería Ambiental</p>	<p>Análisis, enriquecimiento y elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la carrera de Ingeniería Ambiental.</p>
<p>IT de Celaya</p> <p>Del 8 al 12 de febrero de 2010</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos participantes de:</p> <p>IT de Celaya</p> <p>IT de Mérida</p> <p>IT de Nuevo León</p> <p>ITS de Santiago Papasquiario</p> <p>IT de Villahermosa</p>	<p>Reunión Nacional de Consolidación de la carrea de Ingeniería Ambiental</p>

#### 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Analizar, identificar y aplicar métodos estadísticos útiles en la investigación, que permitan abordar fenómenos tecnológicos y ambientales así como facilitar la estimación e interpretación lo cual permitirá dar solución eficaz a problemas relacionados con la Ingeniería Ambiental.

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- 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.
- Asertivo en la interpretación de los resultados de salida.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1.	Regresión lineal.	<p>1.1. Regresión lineal simple.</p> <p>1.1.1. Estimación de parámetros.</p> <p>1.1.2. Prueba de significancia.</p> <p>1.1.3. Medidas de adecuación del modelo (análisis residual, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación).</p> <p>1.1.4. Estimación de intervalo de predicción.</p> <p>1.2. Regresión lineal múltiple.</p> <p>1.2.1. Estimación de parámetros.</p> <p>1.2.2. Prueba de significancia.</p> <p>1.2.3. Prueba de coeficientes individuales.</p> <p>1.2.4. Medidas de adecuación del modelo de regresión (análisis residual, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación)</p> <p>1.2.5. Estimación del intervalo de predicción</p> <p>1.3. Paquete computacional para la solución de problemas.</p>
2.	Diseño de experimentos de un factor.	<p>2.1. El análisis de varianza en la clasificación de un solo sentido.</p> <p>2.2. Análisis del modelo de efectos fijos.</p> <p>2.2.1. Descomposición de la suma total de cuadrados.</p>

		<p>2.2.2. Análisis estadístico.</p> <p>2.2.3. Estimación de los parámetros del modelo.</p> <p>2.2.4. El caso desbalanceado.</p> <p>2.3. Comparación entre las medias de los tratamientos.</p> <p>2.3.1. Método de Scheffé para comparación de contrastes.</p> <p>2.3.2. Método de la diferencia mínima significativa.</p> <p>2.3.3. Prueba de rango múltiple de Duncan.</p> <p>2.3.4. Prueba de Tukey.</p> <p>2.4. El modelo de efectos aleatorios.</p> <p>2.5. Verificación de la adecuación del modelo.</p> <p>2.5.1. Generación de los residuos.</p> <p>2.5.2. La suposición de normalidad.</p> <p>2.5.3. Trazo de los residuos en secuencia de tiempo.</p> <p>2.5.4. Trazo de los residuos contra valores ajustados.</p> <p>2.5.5. Prueba de Bartlett para igualdad de varianzas.</p>
3.	Diseños de Bloques	<p>3.1. El diseño de bloques totalmente aleatorizado.</p> <p>3.2. Verificación de la adecuación del modelo.</p> <p>3.2.1. Generación de los residuos.</p> <p>3.2.2. La suposición de la normalidad.</p> <p>3.2.3. Trazado de los residuos contra tratamientos, bloques y valores ajustados.</p> <p>3.2.4. Estimación de valores perdidos.</p> <p>3.3. El diseño de Cuadro Latino.</p> <p>3.4. El diseño de Cuadro Greco-Latino.</p>
4.	Introducción a los Diseños Factoriales	<p>4.1. Definiciones y principios básicos.</p> <p>4.2. Diseño factorial de dos factores.</p> <p>4.2.1. Análisis estadístico del modelo de efectos fijos.</p>

		<ul style="list-style-type: none"><li>4.2.2. Comparaciones múltiples.</li><li>4.2.3. Verificación de la adecuación del modelo.</li><li>4.2.4. Modelo de dos factores sin interacción.</li><li>4.2.5. Una observación por celda.</li><li>4.3. Modelos aleatorios y mixtos.<ul style="list-style-type: none"><li>4.3.1. Modelo de efectos aleatorios.</li><li>4.3.2. Modelo de efectos fijos.</li></ul></li><li>4.4. Tratamiento con datos desbalanceados.<ul style="list-style-type: none"><li>4.4.1. Datos proporcionales.</li><li>4.4.2. Métodos aproximados.</li></ul></li><li>4.5. Diseños factoriales.</li></ul>
--	--	--

## 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 metacognición ante la ejecución de una actividad, señalar o identificar el tipo de proceso intelectual que se realizó: una identificación de patrones, un análisis, una síntesis, la creación de un heurístico, etc. Al principio lo hará el profesor, luego será el alumno quien lo identifique. Ejemplos: reconocer la función matemática a la que se ajusta cada una de las leyes de los gases: reconocimiento de patrones; elaboración de un principio a partir de una serie de observaciones producto de un experimento: síntesis.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Ejemplo: buscar y contrastar definiciones de las leyes identificando puntos de coincidencia entre unas y otras definiciones e identificar cada ley en situaciones concretas.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Ejemplo: al socializar los resultados de las investigaciones y las experiencias prácticas solicitadas como trabajo extra clase.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. Ejemplos: el proyecto que se realizará en la unidad 3 y varias de las actividades sugeridas para la unidad 1.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que ésta da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante. Ejemplos: identificar las formas de transmisión de calor en instalaciones agronómicas, hallar la relación entre cambios de fase y enfriamiento producido por evapotranspiración.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral. Ejemplos: trabajar las actividades prácticas a través de guías escritas, redactar reportes e informes de las actividades de experimentación, exponer al grupo las conclusiones obtenidas durante las observaciones.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.



- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una agricultura sustentable.
- Cuando los temas lo requieran, utilizar medios audiovisuales para una mejor comprensión del estudiante.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de la asignatura (procesador de texto, hoja de cálculo, base de datos, graficador, Internet, etc.).

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

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.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Regresión lineal.

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
Conocer los métodos para el análisis de regresión. Identificar la variable de respuesta. Identificar la(s) variable(s) de control. Realizar un análisis estadístico de un caso empleando el análisis de regresión.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Discutir sobre los datos adecuados que puedan analizarse estadísticamente y con base en esta discusión formalizar el análisis de regresión elegido.</li><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></ul>

### Unidad 2: Diseño de experimentos con un factor.

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
Conocer los conceptos fundamentales de diseño de experimentos. Conocer los procedimientos de los diseños de experimentos con un factor. Reconocer la variable de respuesta Realizar un análisis estadístico de un caso donde se involucre un solo factor. Identificar significancia en las medias de tratamientos.	<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></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <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>
--	---

### Unidad 3: Diseños de bloques.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Conocer los procedimientos de los diseños de experimentos de bloques.</p> <p>Reconocer la variable de respuesta</p> <p>Identificar los factores que intervienen.</p> <p>Identificar los niveles de cada factor.</p> <p>Realizar un análisis estadístico de un caso donde se involucre más de un factor.</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>

### Unidad 4: Introducción a los Diseños Factoriales.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Conocer los procedimientos de los diseños de experimentos factoriales.</p> <p>Reconocer la variable de respuesta.</p> <p>Identificar los factores que intervienen.</p> <p>Identificar los niveles de cada factor.</p> <p>Realizar un análisis estadístico de un caso empleando los diseños factoriales.</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> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presentar trabajos de aplicación de las técnicas aprendidas.</li></ul>
--	--

## 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.

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- 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.
- Simular la aplicación de diseños experimentos a estudios de casos en el campo de la Ingeniería Ambiental.
- Realizar 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.