

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y RESILIENCIA URBANA**

<b>DATOS GENERALES</b>
<b>Nombre del Curso</b>
<b>PROCESOS ESTOCÁSTICOS</b>

<b>PRESENTACIÓN GENERAL</b>
<b>Justificación</b>
<p>En la actualidad somos partícipes de una nueva revolución industrial en la que los robots, servomecanismos y sistemas de cómputo, han tenido una creciente incorporación en numerosos sectores de la industria y la investigación. La capacidad de comunicación entre estos es imprescindible, por lo que se utilizan las redes globales digitales, sistemas embebidos y sistemas de instrumentación de diversas edificaciones. Este tipo de sistemas y redes son fuertemente influenciados por fenómenos de naturaleza aleatoria como por ejemplo ruidos electromagnéticos. En este marco en el que destacan los fenómenos y sistemas cuyo comportamiento es no determinístico, surge una línea de investigación enfocada en describir y modelar matemáticamente dichos fenómenos. Esta descripción formal, constituye una teoría sólida que representa una herramienta valiosa para consolidar y fortalecer la formación académica de los estudiantes del programa de maestría en ingeniería y resiliencia urbana.</p>

<b>OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO</b>
<p>Formar recursos humanos con capacidad de aplicar conocimiento científico y tecnológico en áreas específicas de procesos estocásticos capaces de incidir en el desarrollo de los sectores de la sociedad involucrados en la industria y los fenómenos en los que se procure la resiliencia urbana.</p>

<b>UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS</b>
---

<b>UNIDAD 1</b>
Variables aleatorias unidimensionales
<b>Objetivos particulares</b>
<p>En esta unidad, se presentarán temas introductorios que ayuden al estudiante a adentrarse en el estudio de procesos de comportamiento aleatorio, para lo cual, se</p>

analizarán conceptos relacionados con variables aleatorias unidimensionales y sus propiedades.

#### **Temas**

- 1.1. Definición de variable aleatoria unidimensional.
- 1.2. Ley de la distribución de variables aleatorias.
- 1.3. Variable aleatoria unidimensional continua.
- 1.4. Función de densidad de probabilidad de variables aleatorias continuas.
- 1.5. Ley de la distribución diferencial.
- 1.6. Ley de la distribución integral.
- 1.7. Relación entre la ley de la distribución diferencial e integral.
- 1.8. Momentos iniciales de variables aleatorias unidimensionales.
- 1.9. Momentos centrales de variables aleatorias unidimensionales.

### **UNIDAD 2**

Variables aleatorias bidimensionales

#### **Objetivos particulares**

Presentar una introducción breve a las variables aleatorias bidimensionales con la finalidad de que el estudiante comprenda la relación de estas, con las unidimensionales, para lo cual, parte de la teoría analizada en la unidad anterior, se extenderá para el estudio de ciertas propiedades y definiciones.

#### **Temas**

- 2.1. Definición de variable aleatoria bidimensional.
- 2.2. Ley de la distribución para variables aleatorias bidimensionales.
- 2.3. Momentos iniciales mutuos para variables aleatorias bidimensionales.
- 2.4. Momentos centrales mutuos para variables aleatorias bidimensionales.
- 2.5. Momentos de covarianza.
- 2.6. Propiedades de los momentos de covarianza.
- 2.7. Definición de la matriz de covarianza de variables aleatorias multidimensionales.

### **UNIDAD 3**

Procesos aleatorios

#### **Objetivos particulares**

Dar a conocer al estudiante desde un enfoque formal y basado en descripciones matemáticas el concepto de proceso aleatorio, para llevar a cabo dicho fin, es prioritario que se hayan estudiado a cabalidad temas tales como covarianza y los momentos iniciales y centrales de una variable aleatoria. Al término de esta unidad, el estudiante comprenderá las clasificaciones de los procesos aleatorios, para lo

cual es necesario que se exploren conceptos tales como el promedio del tiempo y tiempo de covarianza.

#### **Temas**

- 3.1. Definición de proceso aleatorio.
- 3.2. Definición de funcional para eventos determinísticos.
- 3.3. Definición de funcional de probabilidad para procesos aleatorios.
- 3.4. Descripción de procesos aleatorios mediante funciones de densidad de probabilidad multidimensional.
- 3.5. Definición de la función de covarianza para procesos aleatorios.
- 3.6. Procesos aleatorios estacionarios.
- 3.7. Procesos aleatorios no estacionarios.
- 3.8. Definición de tiempo de covarianza para procesos aleatorios.
- 3.9. Descripción mínima de procesos aleatorios.
- 3.10. Promedio del tiempo de procesos aleatorios.
- 3.11. Definición de procesos aleatorios ergódicos.
- 3.12. Definición de procesos aleatorios no ergódicos.

### **UNIDAD 4**

Análisis espectral de procesos aleatorios

#### **Objetivos particulares**

En esta unidad se retomará el concepto de ortogonalidad, el cual, desde su enfoque vectorial, se extiende y generaliza para funciones continuas. En este contexto, la representación de una función en términos de un espacio ortogonal de funciones permitirá abordar y comprender de mejor manera las series de Fourier en su forma exponencial y trigonométrica, con el objetivo de que dicha teoría, se extrapole a los procesos aleatorios para así analizar su representación espectral.

#### **Temas**

- 4.1. Representación de señales determinísticas mediante la forma trigonométrica de la serie de Fourier.
- 4.2. Representación de señales determinísticas mediante la forma exponencial de la serie de Fourier.
- 4.3. Representación espectral de señales determinísticas.
- 4.4. Representación espectral de procesos aleatorios.
- 4.5. Clasificación de procesos aleatorios en el dominio de la frecuencia.

### **UNIDAD 5**

Influencia de los procesos aleatorios en sistemas inerciales y no inerciales

### **Objetivos particulares**

Proporcionar al estudiante los conocimientos y herramientas necesarias que le permitan analizar la influencia de los procesos aleatorios sobre sistemas lineales y no lineales. Al llevar a cabo dicho fin, el estudiante podrá asimilar de mejor manera la teoría concerniente a la recepción de señales en presencia de ruido y al funcionamiento de receptores óptimos.

### **Temas**

- 5.1. Tipos de problemas en la teoría estadística.
- 5.2. Influencia de los procesos aleatorios sobre sistemas no lineales no inerciales (caso unidimensional).
- 5.3. Influencia de los procesos aleatorios sobre sistemas no lineales no inerciales (caso bidimensional).
- 5.4. Leyes de distribución Rice y Rayleigh.
- 5.5. Operaciones aritméticas de variables aleatorias.
- 5.6. Influencia de los procesos aleatorios sobre sistemas lineales e inerciales.
- 5.7. Relación señal a ruido.
- 5.8. Filtros acoplados.

### **TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Lectura e interpretación de textos científicos.  
Discusión de problemáticas.  
Simulación de procesos físicos empleando recursos computacionales.  
Estudio de casos prácticos.

### **EQUIPO NECESARIO**

Aula académica con pizarrón blanco, sistema de ventilación, proyector y pantalla para proyección y análisis de diapositivas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Helstrom, C. W. (1991). *Probability and stochastic processes for engineers*. Macmillan Coll Division.
- Peyton, Z. (1991). *Probability, random variables and stochastic processes*. Tercera edición. USA.
- Papoulis, A. y Unnikrishna Pillai, S. (2002). *Probability, random variables and stochastic processes*.
- Ross, S. M. (1995). *Stochastic processes*. John Wiley & Sons.
- Haykin, S. S. (2002). *Adaptive filter theory*. Pearson Education India.
- Lathi, B. P. (2006). *Introducción a la teoría y sistemas de comunicación*. Editorial Limusa. México.
- Lathi, B. P. (1995). *Modern digital and analog communication systems*. Oxford University Press, Inc.
- Stremmer, F. G. y Duchén Sánchez, G. I. (1993). *Introducción a los sistemas de comunicación*.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (04 de noviembre de 2022)

- Kailath, T. y Poor, H. V. (1998). Detection of stochastic processes. *IEEE Transactions on Information Theory*, 44(6), 2230-2231. Recuperado de: [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/720538?casa\\_token=pQsp7fTAugAAAAA:wxnxX-Wj7iyAJAoFJC1b0DuBPhC-ZhRvKyzuOH4ohEwmARARYy5GcdJwBeugFRtwLgodMsRQY](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/720538?casa_token=pQsp7fTAugAAAAA:wxnxX-Wj7iyAJAoFJC1b0DuBPhC-ZhRvKyzuOH4ohEwmARARYy5GcdJwBeugFRtwLgodMsRQY). Fecha: 08 de marzo de 2023.
- Lemons, D. S. (2003). An introduction to stochastic processes in physics. *American Journal of Physics*, 71(2). Recuperado de: <https://aapt.scitacion.org/doi/abs/10.1119/1.1526134>. Fecha: 08 de marzo de 2023.
- Shinozuka, M. y Deodatis, G. (1991). Simulation of stochastic processes by spectral representation. *Applied Mechanics Review* 44(4), 191-204. Recuperado de: <https://asmedigitalcollection.asme.org/appliedmechanicsreviews/article-abstract/44/4/191/400800/Simulation-of-Stochastic-Processes-by-Spectral>. Fecha: 08 de marzo de 2023.
- Gallager, R. G. (1997). Discrete stochastic processes. *Journal of the Operational Research Society*, 48(1). Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1057/palgrave.jors.2600329>. Fecha: 08 de marzo de 2023.
- Díaz, J. L., García, D. F., Kim, K., Lee, C. G., Bello, L. L., López, J. M., ... y Mirabella, O. (2002, December). Stochastic analysis of periodic real-time systems. In *23rd IEEE Real-Time Systems Symposium, 2002. RTSS 2002*. (pp. 289-300). IEEE. Recuperado de:

[https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1181583?casa\\_token=tFALU8kDkoEAAAAA:pgB-fcMCVt7O\\_bZxcgOl8mCAQ3Ff68LEnAMMiX0JeKx8ZL3atkk\\_c4LG66x1xm\\_sATZNh-LIsVEQ](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1181583?casa_token=tFALU8kDkoEAAAAA:pgB-fcMCVt7O_bZxcgOl8mCAQ3Ff68LEnAMMiX0JeKx8ZL3atkk_c4LG66x1xm_sATZNh-LIsVEQ). Fecha: 08 de marzo de 2023.

- Bertrand, N., Bouyer, P., Brihaye, T. y Carlier, P. (2016). Analysing decisive stochastic processes. In *43rd International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2016)* (Vol. 55, pp. 101-1). Recuperado de: <https://hal.inria.fr/hal-01397794/>. Fecha: 08 de marzo de 2023.
- Bortolussi, L. y Sanguinetti, G. (2013). Learning and designing stochastic processes from logical constraints. In *Quantitative Evaluation of Systems: 10th International Conference, QEST 2013, Buenos Aires, Argentina, August 27-30, 2013. Proceedings 10* (pp. 89-105). Springer Berlin Heidelberg. Recuperado de: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40196-1\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40196-1_7). Fecha: 08 de marzo de 2023.
- Cucinotta, T., Palopoli, L. y Marzario, L. (2004, December). Stochastic feedback-based control of qos in soft real-time systems. In *2004 43rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC)(IEEE Cat. No. 04CH37601)* (Vol. 4, pp. 3533-3538). IEEE. Recuperado de: [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1429260?casa\\_token=SpgcIPL1oUIAAAAA:Z4dUXcoeh07I\\_tG1Gs4WKDJLBqRPJJ2RRIDP0tVz30sJ0oeTFfynyblhO1w6Ek8WzZrVQIGwQNK](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1429260?casa_token=SpgcIPL1oUIAAAAA:Z4dUXcoeh07I_tG1Gs4WKDJLBqRPJJ2RRIDP0tVz30sJ0oeTFfynyblhO1w6Ek8WzZrVQIGwQNK). Fecha: 08 de marzo de 2023.
- Valdéz, J., Delgado, G., Guevara, P. y Cano, J. (2019). Transmission Times Reconstruction in a Telecontrolled Real-Time System. *IEEE Latin America Transactions*, 17(03), 349-357. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8863304>. Fecha: 08 de marzo de 2023.
- Valdez-Martínez, J. S., Guevara-López, P., Delgado-Reyes, G., González-Baldovinos, D. L., Cano-Rosas, J. L., Calixto-Rodríguez, M., Villanueva-Tavira, J., et al. (2022). Communication Times Reconstruction in a Telecontrolled Client–Server Scheme: An Approach by Kalman Filter Applied to a Proprietary Real-Time Operating System and TCP/IP Protocol. *Mathematics*, 10(20), 3885. MDPI AG. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/20/3885>. Fecha: 08 de marzo de 2023.

#### Otros Materiales de Consulta

- Oppenheim, A. V., Willsky, A. S. y Nawab, S. H. (1998). *Señales y sistemas segunda edición*. Prentice-Hall.
- Granville, W. A., Smith, P. F., Longley, W. R. y Byington, S. T. (1980). *Cálculo diferencial e integral* (No. 515.307 G735.). ED. F DF: Limusa.
- Diprima, B. (1974). *Ecuaciones Diferenciales*. Edit. Limusa, México.
- Apostol, T. M. (1991). *Calculus, volume 1 y 2*. John Wiley & Sons.
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de control automático*. Pearson Educación.
- Khalil, H. K. (2015). *Nonlinear control* (Vol. 406). New York: Pearson.

**EVALUACIÓN****SUMATIVA**

<b>Aspecto a evaluar</b>	<b>Forma de evaluación</b>	<b>Evidencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Participación en clase	Escrita	Reportes	10
Tareas	Escrita	Trabajos escritos	20
Habilidad para la solución de ejercicios	Escrita	Exámenes parciales, evaluando los contenidos por unidad	70
Total			100