

# **Simulación a Eventos Discretos**

Presentación del curso

## Público objetivo

- Curso propuesto para carreras de grado y posgrado.
- Grado: Inicialmente propuesto para Ingeniería en Computación y de Producción.
- Posgrado: Inicialmente propuesto para Maestría y Doctorado en Informática PEDECIBA, Maestría en Investigación de Operaciones, Diploma de Especialización en Tránsito y Transporte.
- Estudiantes de otras carreras pueden solicitar inscripción extracurricular.

## Simulación a Eventos Discretos (SED)

- Representa explícitamente la interacción entre componentes de un sistema según el avance del tiempo. Generalmente los tiempos (esperas, actividades, permanencias) dependen de variables aleatorias.
- Modelo descriptivo: Permite analizar de manera experimental el sistema (particularmente, medidas de su desempeño) ante modificaciones en su estructura y parámetros (típicamente, variables de decisión).
- Entidades que avanzan a través del sistema, para lo cual necesitan recursos. Estos recursos son escasos (costosos), por lo tanto las entidades deben esperar a contar con los recursos necesarios (compartidos con otras entidades similares), por ejemplo esperando en una cola. Estas esperas generalmente contribuyen a determinar el desempeño del sistema (por ejemplo, nivel de servicio).

# SED

- Un modelo SED por sí solo no sugiere decisiones óptimas, como sí es el caso de un modelo de programación matemática. Se puede combinar con técnicas de optimización para mejorar el desempeño del sistema bajo consideración.
- Alternativa adecuada cuando:
  1. Un modelado analítico de colas es poco viable por su complejidad y por las (escasas) posibilidades de resolverlo para obtener las medidas de interés.
  2. Un modelo de optimización es poco viable por su complejidad (formulación y resolución).
  3. Son de especial relevancia los aspectos estocástico y dinámico del sistema real bajo consideración.

# SED

Comprende (al menos) tres áreas de conocimiento:

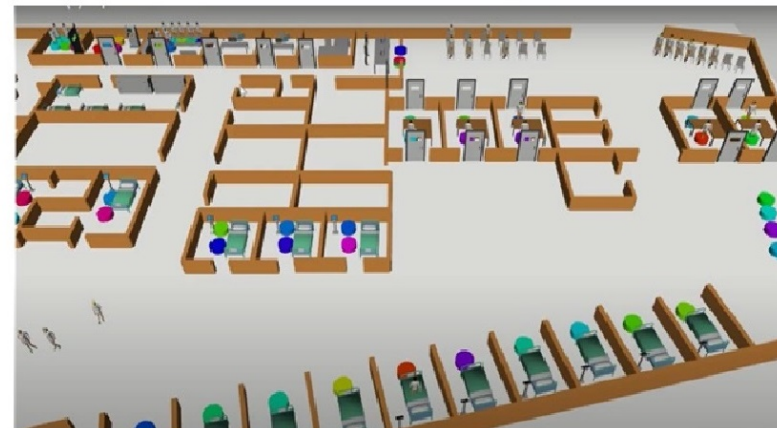
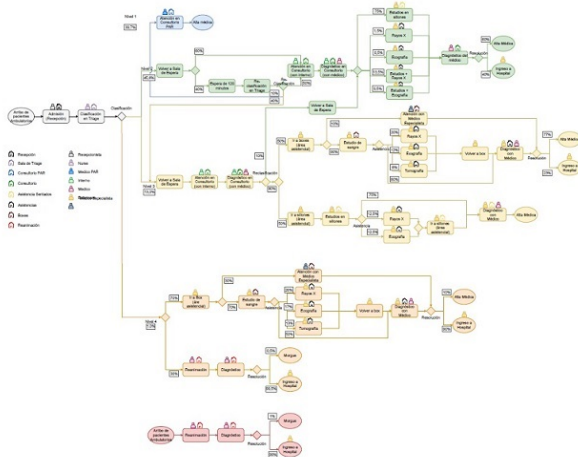
- Modelado y programación.
- Probabilidad y estadística.
- Diseño de experimentos y análisis de resultados.

## Programación de un modelo SED

- Tarea compleja que requiere de herramientas adecuadas.
- Tres niveles:
  1. Lenguaje de programación.
  2. Bibliotecas de programación.
  3. Software específico con interfase gráfica.
- Este curso: construcciones básicas de lenguaje Java (tipo 1) para los fundamentos, AnyLogic (tipo 3) para modelado y experimentación.
- En otras ediciones de este curso se utilizó el enfoque 2.
- AnyLogic permite programar aspectos detallados del modelo, utilizando Java.

## Algunos antecedentes locales

- *Efectos del comportamiento de usuarios y características del servicio sobre el desempeño de sistemas de transporte público: estudio utilizando simulación* Proyecto de Grado de Ingeniería en Computación, 2019. Simulador construido en Java utilizando la biblioteca DESMO-J.
- *Modelado y simulación para problemas de gestión logística: una aplicación a la gestión hospitalaria* Proyecto de Grado de Ingeniería de Producción, 2021. Simulador construido en AnyLogic.



# Temas (I): Fundamentos

**Introducción** Áreas de aplicación, modelos discretos y continuos, software de SED, cuándo usar SED, metodología de SED.

**Estructuración** Entidades, recursos, colas, eventos, actividades, calendario, avance del tiempo. Enfoque a procesos.

**Programación** Nociones básicas para la programación de un modelo computacional de SED en un lenguaje imperativo.

**Modelado estocástico** Conceptos de probabilidad y estadística aplicados a SED. Generación de números pseudoaleatorios. Ajuste de distribuciones teóricas paramétricas, distribuciones empíricas.

**Análisis de resultados** Análisis estadístico de los resultados de un modelo de SED (estimación de media, varianza, intervalo de confianza), análisis de un modelo único (simulación terminal y en estado estacionario), comparación de configuraciones alternativas.



## Temas (II): Modelado y experimentación

**Modelado del aspecto dinámico** Lenguajes gráficos de modelado, flujos de procesos, máquinas de estado.

**Construcción del modelo computacional** Conceptos y herramientas para la construcción de un modelo de SED en un paquete de software que maneja diferentes niveles de abstracción y facilidades.

**Verificación y validación** Verificación de la implementación computacional. Validación con el usuario, validación de hipótesis asumidas, utilización de datos históricos.

**Reducción de varianza** Torrentes comunes, variables antitéticas y de control.

**Diseño de experimentos** Análisis de sensibilidad, diseño factorial.

**Salida visual** Visualización en dos y tres dimensiones. Reporte de datos numéricos durante y al finalizar la simulación. Tipos de histogramas. Caso de estudio.

## **Temas (III): Aspectos avanzados y técnicas relacionadas**

**Metamodelo y optimización** Estimación de superficies de respuesta. Procedimientos basados en gradientes, heurísticas.

**Simulación basada en agentes y dinámica de sistemas** Aspectos en común y diferencias con respecto a SED.

## Bibliografía

- Discrete-Event System Simulation (Fifth Edition) - Banks J., Carson J.S., Nelson B.L. y Nicol D.M. - Pearson - 2009. Conceptos generales y modelado.
- Simulation Modelling with Pascal - Davies R. y O'Keefe R. - Prentice Hall - 1989. Conceptos generales y modelado. Casos de estudio.
- Simulation Modeling and Analysis (Fifth Edition) - Law A.M. - McGraw-Hill - 2015. Probabilidad y estadística. Experimentación y aspectos avanzados.
- Tutoriales de AnyLogic y Java.

## Modalidad de dictado

- Ver cronograma en sitio EVA.
- Teórico virtual asincrónico. Material: diapositivas y videos. Días y horarios sugeridos para correcto seguimiento del curso. Cada clase insume una hora.
- Consulta presencial y virtual sincrónica en fechas indicadas en el cronograma, de 18:00 a 20:00.
- Comunicación a través de sitio EVA. Foros Novedades y Consultas.

## Evaluación

- Laboratorio, en grupos de dos personas. Ver en el cronograma las fechas de publicación y de entrega de cada etapa del laboratorio, son tres en total. Caso de estudio de construcción incremental, ejercicios complementarios de fundamentos.
- Prueba escrita final, individual y presencial. Ver fecha en el cronograma.