

# Introducción a la Simulación

Luis Rios y Sebastian Zabala

Universidad de Oriente

20 de octubre de 2025

1. Concepto de Simulación
2. Ventajas y Desventajas
3. Proceso de un Modelo de Simulación
4. Diagrama de Relación Modelo-Sistema

## 1.1. ¿Qué es la Simulación?

### Definición Central

Consiste en **diseñar un modelo** de un sistema real y **realizar experimentos** con dicho modelo en un ordenador para comprender su comportamiento.

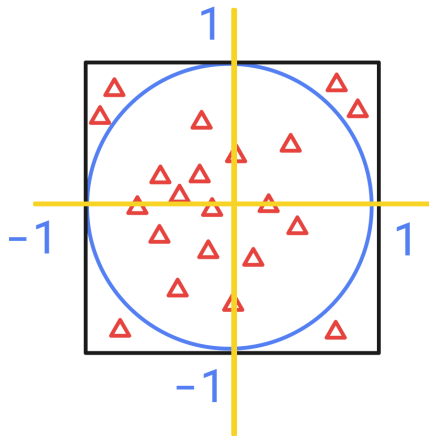
## 1.1. ¿Qué es la Simulación?

### Definición Central

Consiste en **diseñar un modelo** de un sistema real y **realizar experimentos** con dicho modelo en un ordenador para comprender su comportamiento.

### Laboratorio Virtual

Permite responder a preguntas del tipo “¿Qué pasaría si...?” sin interactuar con el sistema real, evitando costos, riesgos o interrupciones.



Ejemplo de simulación estocástica: Estimación de  $\pi$  mediante Monte Carlo.

### Moreno Parra / Coss Bu (Enfoque Práctico)

Un método para **experimentar sin riesgo**, con énfasis en la generación y prueba de números pseudoaleatorios como pilar fundamental.

### Sheldon M. Ross (Enfoque Estadístico)

Una herramienta de **análisis estocástico**, donde la clave es la aplicación de la probabilidad para generar variables aleatorias y el análisis estadístico de los resultados.

### Urquía & Martín Villalba (Enfoque de Ingeniería)

La **resolución de un modelo matemático** en un ordenador, una práctica cotidiana para científicos e ingenieros que abarca sistemas estocásticos y deterministas.

## 1.3. Comparativa de Enfoques: Concepto Clave

### Ross: Inferencia Estadística

Obtener estimaciones eficientes y válidas.

### Urquía & M. Villalba: Ingeniería y Diseño

Modelar y resolver sistemas dinámicos.

### Coss Bu / Moreno Parra: Experimentación

Implementar y observar el comportamiento.



## 1.4. Comparativa de Enfoques: Alcance

- **Ross:** Se enfoca en sistemas puramente estocásticos y probabilísticos.

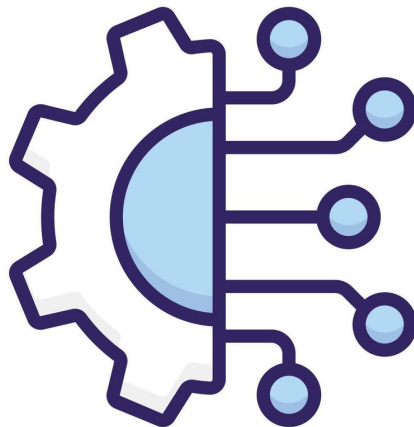
## 1.4. Comparativa de Enfoques: Alcance

- **Ross:** Se enfoca en sistemas puramente estocásticos y probabilísticos.
- **Coss Bu / Moreno Parra:** Se centra en aplicaciones prácticas como colas e inventarios.



## 1.4. Comparativa de Enfoques: Alcance

- **Ross:** Se enfoca en sistemas puramente estocásticos y probabilísticos.
- **Coss Bu / Moreno Parra:** Se centra en aplicaciones prácticas como colas e inventarios.
- **Urquía & M. Villalba:** El alcance es el más amplio, incluyendo sistemas estocásticos y deterministas complejos (DAE, PDE, Híbridos).

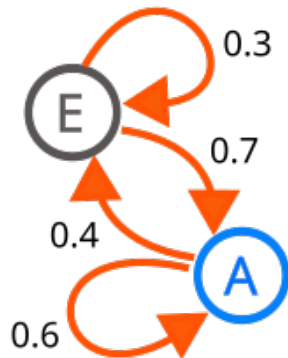


- **Básico/Intermedio (Coss Bu):**  
Generadores congruenciales y pruebas de  $\chi^2$ .

- **Básico/Intermedio (Coss Bu):**  
Generadores congruenciales y pruebas de  $\chi^2$ .
- **Alto (Urquía):**  
Modelado orientado a objetos (Modelica) y análisis de índice DAE.

## 1.5. Comparativa de Enfoques: Nivel Avanzado

- **Básico/Intermedio (Coss Bu):**  
Generadores congruenciales y pruebas de  $\chi^2$ .
- **Alto (Urquía):**  
Modelado orientado a objetos (Modelica) y análisis de índice DAE.
- **Máximo (Ross):**  
Técnicas de Reducción de Varianza y Monte Carlo con Cadenas de Markov (MCMC).



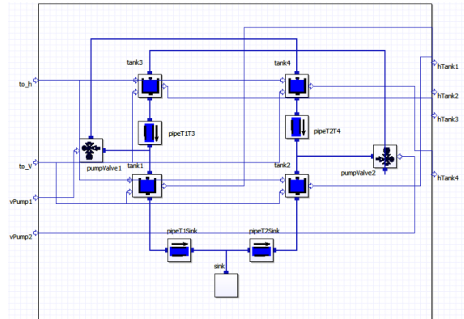
- **Ross** representa la **perspectiva estadística profunda**: la simulación es una herramienta de inferencia, y el reto es la calidad estadística de las estimaciones.

- **Ross** representa la **perspectiva estadística profunda**: la simulación es una herramienta de inferencia, y el reto es la calidad estadística de las estimaciones.
- **Urquía & Martín Villalba** adoptan una **visión de modelado integral**: la simulación es el proceso de resolver cualquier modelo matemático, no solo los estocásticos.

- **Ross** representa la **perspectiva estadística profunda**: la simulación es una herramienta de inferencia, y el reto es la calidad estadística de las estimaciones.
- **Urquía & Martín Villalba** adoptan una **visión de modelado integral**: la simulación es el proceso de resolver cualquier modelo matemático, no solo los estocásticos.
- **Coss Bu y Moreno Parra** tienen un **enfoque práctico y didáctico**: se centran en los pilares fundamentales de la simulación, que son la generación de aleatoriedad y su programación.

## 2.1. Ventajas de la Simulación

- Experimentación sin riesgo.
- Análisis de sistemas complejos.
- Control sobre el tiempo.
- Identificación de cuellos de botella.
- Potente herramienta de visualización.
- Permite explorar múltiples alternativas.



Ejemplo: simulación de una red logística compleja.



## 2.2. Desventajas y Limitaciones

- **Dependencia del modelo:** La calidad del resultado depende de la calidad del modelo.
- Costo y tiempo de desarrollo.
- Resultados son estimaciones estadísticas.
- No es una herramienta de optimización directa.



Principio:

"Garbage In, Garbage Out".

### 3.1. El Proceso de Simulación (Según Urquía & Martín Villalba)

Un proceso estructurado, iterativo y completo

Desde la concepción del problema hasta la implementación de la solución.

### 3.1. El Proceso de Simulación (Según Urquía & Martín Villalba)

Un proceso estructurado, iterativo y completo

Desde la concepción del problema hasta la implementación de la solución.

#### Fase 1: Planificación y Definición

- **Definición del Problema:** ¿Qué se quiere resolver? ¿Cuáles son los objetivos?
- **Planificación del Proyecto:** Estimar recursos, tiempo y costos.
- **Definición del Sistema:** Delimitar las fronteras del sistema a modelar.

### 3.1. El Proceso de Simulación (Según Urquía & Martín Villalba)

Un proceso estructurado, iterativo y completo

Desde la concepción del problema hasta la implementación de la solución.

#### Fase 1: Planificación y Definición

- **Definición del Problema:** ¿Qué se quiere resolver? ¿Cuáles son los objetivos?
- **Planificación del Proyecto:** Estimar recursos, tiempo y costos.
- **Definición del Sistema:** Delimitar las fronteras del sistema a modelar.

#### Fase 2: Construcción del Modelo

- **Formulación Conceptual:** Abstracción, hipótesis y relaciones clave.
- **Preparación de Datos de Entrada:** Recopilar y analizar datos del sistema real.
- **Codificación del Modelo:** Traducir el modelo conceptual a un lenguaje de simulación.

### Fase 3: Verificación y Validación (V&V)

- **Verificación:** Asegurar que el modelo se ha implementado correctamente en el ordenador.
- **Validación:** Asegurar que el modelo representa el sistema real con la precisión necesaria.

### Fase 3: Verificación y Validación (V&V)

- **Verificación:** Asegurar que el modelo se ha implementado correctamente en el ordenador.
- **Validación:** Asegurar que el modelo representa el sistema real con la precisión necesaria.

### Fase 4: Experimentación y Resultados

- **Diseño Experimental:** Planificar qué escenarios simular y cuántas veces.
- **Ejecución y Análisis:** Correr las simulaciones y analizar estadísticamente los resultados.
- **Documentación y Actuación:** Documentar el proyecto y utilizar los resultados para tomar decisiones.

## 3.2. Verificación vs. Validación (V&V)

Un paso crucial para garantizar la fiabilidad del estudio.

### Verificación

*¿Construimos el modelo correctamente?*

Comprueba que el **código** del simulador

implementa fielmente el **modelo**  
**conceptual**.

### Validación

*¿Construimos el modelo correcto?*

Comprueba que el **modelo** es una

representación suficientemente precisa del  
**sistema real**.

## 3.2. Verificación vs. Validación (V&V)

Un paso crucial para garantizar la fiabilidad del estudio.

### Verificación

*¿Construimos el modelo correctamente?*

Comprueba que el **código** del simulador

implementa fielmente el **modelo**  
**conceptual**.

### Validación

*¿Construimos el modelo correcto?*

Comprueba que el **modelo** es una

representación suficientemente precisa del  
**sistema real**.

Verificación: **Código vs. Diseño** – Validación: **Modelo vs. Realidad**



#### Verificación del Código

*¿El programa hace lo que yo diseñé?*

- ¿El código genera llegadas con una distribución **exponencial**, como especifiqué?
- ¿El tiempo de servicio se genera con una distribución **uniforme** entre 1 y 3 minutos, como lo programé?
- ¿La lógica de la cola (FIFO) funciona correctamente?

**Método:** Correr una simulación corta (3 clientes) y comparar los resultados con un cálculo hecho a mano.

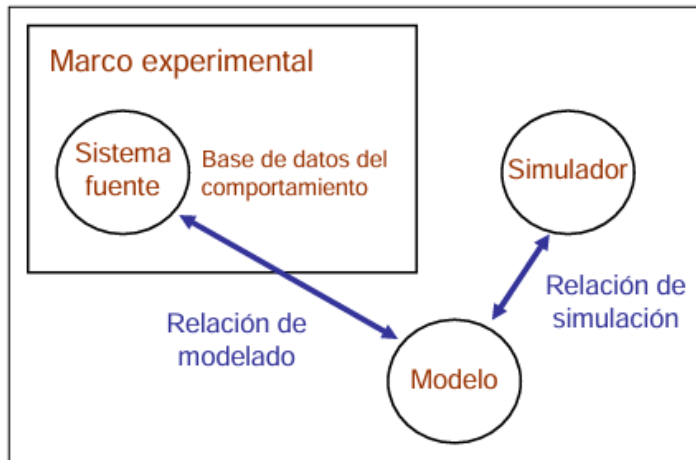
#### Validación del Modelo

*¿Mi diseño representa la cafetería real?*

- ¿Los clientes **reales** llegan siguiendo una distribución exponencial, o es otra?
- ¿El tiempo de servicio del barista **real** es uniforme, o sigue una distribución normal?
- ¿Los clientes **reales** nunca abandonan la cola? ¿O mi modelo debería incluir esa posibilidad?

**Método:** Comparar la salida del simulador (ej. espera promedio) con datos medidos en la cafetería real.

## 4.1. El Marco Formal de la Simulación



Entidades básicas y sus relaciones. Fuente: Urquía & Martín Villalba, 2016.

### Relación de Modelado (Validez)

- Conecta el **Modelo** con el **Sistema Fuente**.
- Pregunta: ¿El modelo representa adecuadamente la realidad?
- Se establece a través del proceso de **VALIDACIÓN**.

### Relación de Simulación (Corrección)

- Conecta el **Simulador** (código) con el **Modelo**.
- Pregunta: ¿El código implementa correctamente el modelo?
- Se establece a través del proceso de **VERIFICACIÓN**.

- La simulación es una herramienta potente y flexible para el análisis de sistemas complejos, pero no es una solución mágica.
- Su éxito depende de un proceso metodológico riguroso, desde la definición del problema hasta la validación de los resultados.
- Comprender los diferentes enfoques (práctico, estadístico, de ingeniería) permite aplicar la técnica más adecuada a cada problema.
- Un **modelo válido** y un **simulador correcto** son los dos pilares para obtener conclusiones fiables.

# ¡Gracias por su atención!