

# INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN

La Simulación es una técnica de análisis de sistemas:

- Útil cuando no existe un sistema para medir
- Permite mayor nivel de detalle que el modelado analítico
- Construido el modelo es fácil el estudio de alternativas

Es una técnica con una metodología propia

Errores frecuentes:

- Inapropiado nivel de detalle
- Lenguaje inapropiado
- Modelos No verificados
- Modelos No válidos
- Simulaciones demasiado cortas
- Manejo inadecuado de las condiciones iniciales
- Generador de números aleatorios pobre
- Semilla inadecuada

# INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN

## Selección de un Lenguaje de Simulación

OPCIONES

- Paquete de simulación (MODLINE // JMT)
- Lenguaje de simulación (QNAP // Cunapio)
- Extensiones de lenguajes de propósito general (smpl)
- Lenguajes de propósito general

Modelos pre-hechos  
Facilidad de construcción del modelo  
Entorno de trabajo preparado

Disponibilidad  
Conocimiento del lenguaje  
Flexibilidad y portabilidad  
Coste

### Características deseables:

- Generales.- Flexibilidad y facilidad en el desarrollo de modelos
- Animación.- Visualización

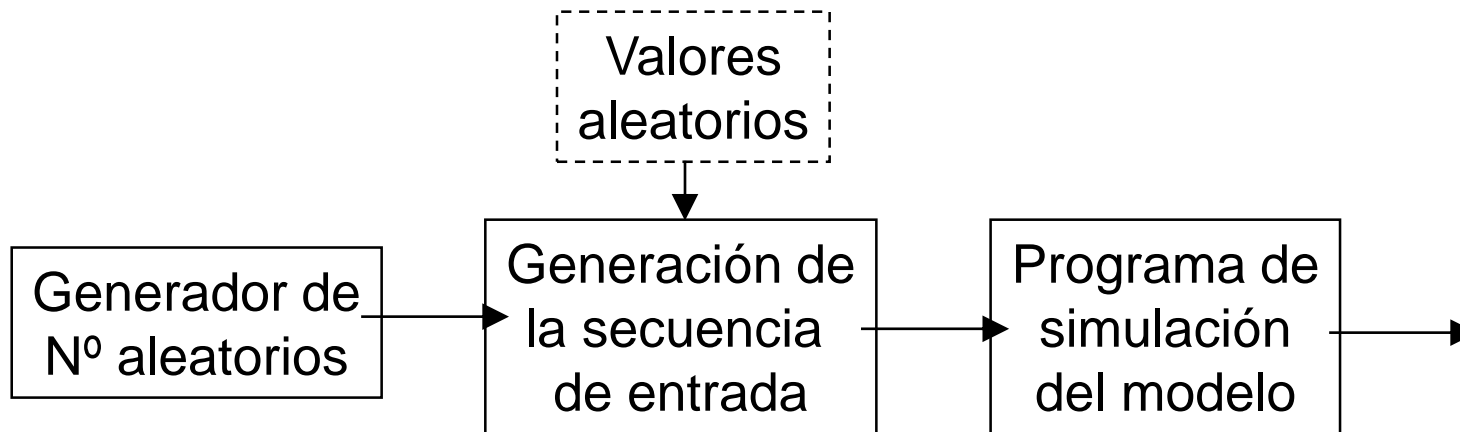
*Concurrente y Post-mortem*

- Capacidades estadísticas de análisis de datos

# INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN

## Tipos de Simulaciones

**Simulación propia o autoconducida.**- Las entradas al modelo proceden de datos probabilísticos



### Ventaja:

- Simplicidad

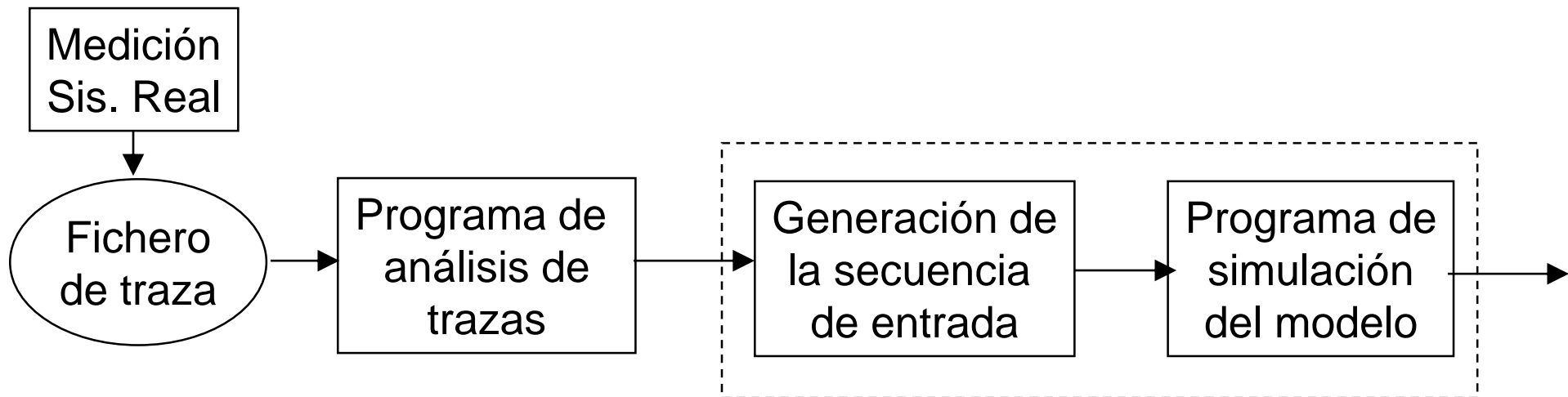
### Inconveniente:

- ¿Son independientes los valores?

# INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN

**Simulación por rastreo o trazas.**- Las entradas al modelo proceden de valores de traza

Traza: registro de eventos significativos del sistema



## Ventajas:

- Credibilidad
- Fácil de validar
- Precisa

## Inconvenientes:

- Complejidad
- Representatividad
- Finitud

# INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN

Para simular el funcionamiento de un sistema se pueden usar diversos paquetes y/o lenguajes (de propósito general o específico)

Distinguir entre  $\left\{ \begin{array}{l} \text{El } \textbf{modelo} \text{ del sistema} \\ \text{El } \textbf{simulador} \text{ del modelo} \end{array} \right.$

El diseño del modelo (componentes, arquitectura de conexión, funcionamiento de cada componente) puede basarse en diversas abstracciones. Puede haber varios diseños para el mismo sistema informático

El programa (simulador) del modelo es una implementación o realización del modelo. Puede haber varios simuladores para el mismo modelo

Puede resultar muy útil diseñar un modelo que se base en los modelos de redes de colas ya conocidos, pero ...

... **Generalizando los componentes usados en ellos** ...

# PROBLEMÁTICA DE LA SIMULACIÓN

## Problemas Básicos:

- **Modelo representativo del sistema real y bien implementado**
  - Validación
  - Verificación
  - Modelos:
    - inválido e inverificado
    - inválido y verificado
    - válido e inverificado
    - válido y verificado ✓
- **Tamaño adecuado de la simulación**
  - Eliminación del transitorio
  - Criterios de parada

# VALIDACIÓN DEL MODELO

## Validación

Asegurar que las suposiciones son razonables y el modelo producirá resultados similares al sistema real

### A validar:

- Suposiciones o simplificaciones
- Valores de los parámetros de entrada y distribuciones
- Valores de salida y conclusiones

### Se validan por:

- Intuición de los expertos
- Comparación con medidas sobre sistemas reales
- Resultados teóricos (modelado analítico)

# VERIFICACIÓN DEL MODELO

## Verificación

Comprobar que el programa de simulación implementa correctamente las hipótesis hechas en el modelo

### Técnicas:

Un modelo de simulación es un programa, se utilizarán las técnicas de depuración de programas

- Diseño modular Top-Down
- Antibugging
- Explicación estructurada
- Modelos deterministas
- Ejecución de casos simplificados
- Rastreo, análisis de trazas
- Análisis gráfico de salidas
- Test de continuidad
- Test de degeneración
- Test de consistencia
- Independencia de la semilla



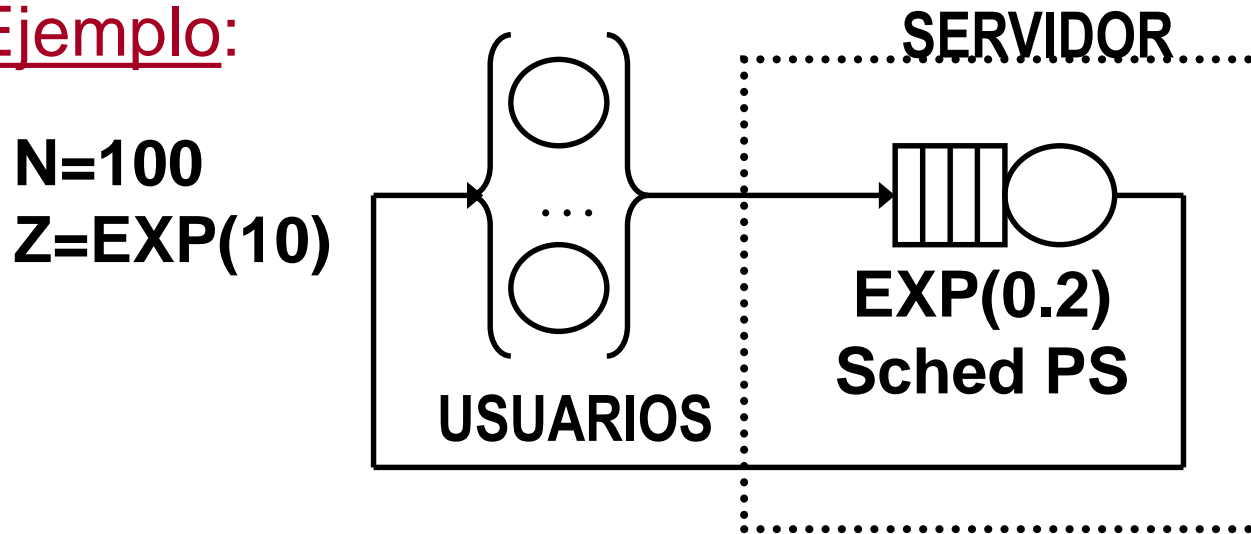
# ELIMINACIÓN DEL TRANSITORIO

Eliminar la parte no estable de la simulación, TRANSITORIO

## Métodos:

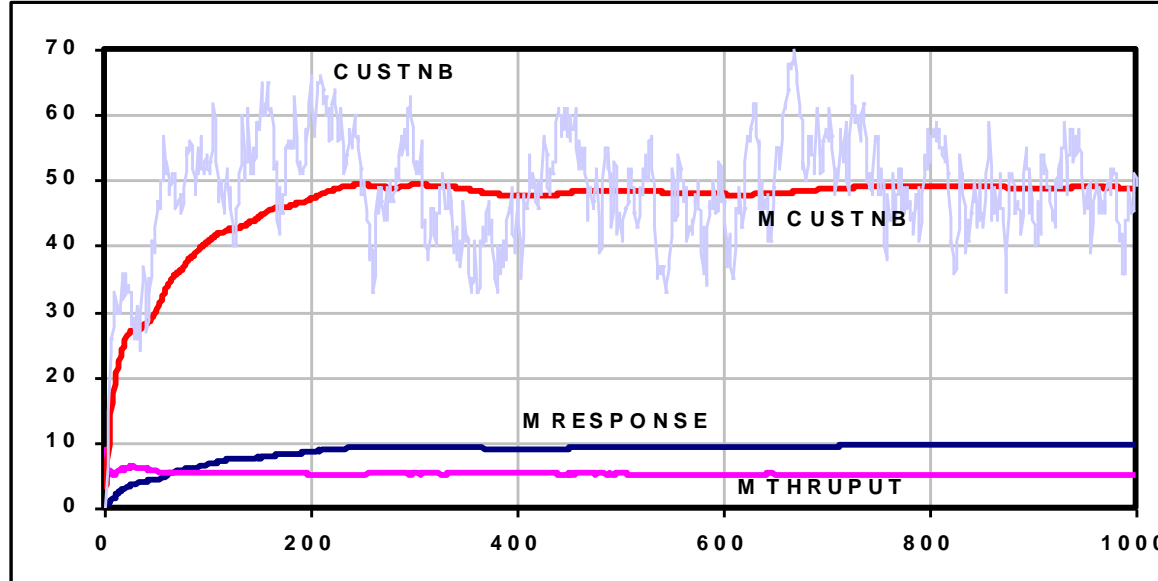
- Simulaciones muy largas
- Inicialización apropiada
- Truncamiento: elimina los primeros valores

## Ejemplo:



# ELIMINACIÓN DEL TRANSITORIO

En este ejemplo un tiempo de simulación elevado permite que las variables casi alcancen los valores finales estacionarios



N=50

R=10

X=5

Resultado  
analítico

**Transitorio: 50 seg --- 200 seg para estabilizar los promedios**

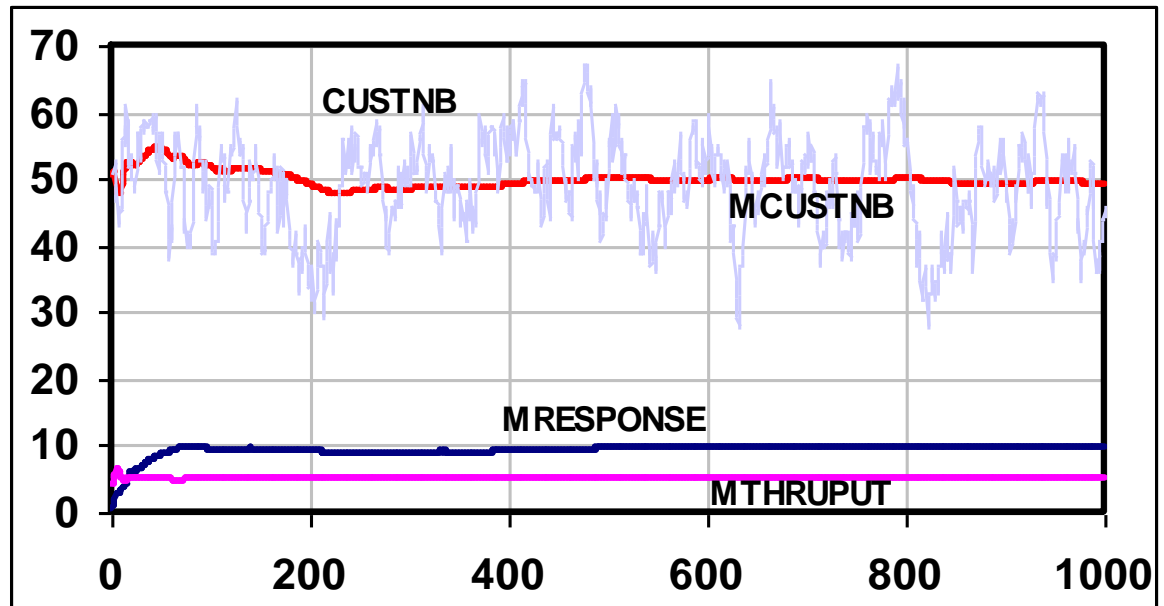
Maximun duration en los parámetros de simulación  
establece la duración máxima de la simulación

# ELIMINACIÓN DEL TRANSITORIO

El estado de una cola lo define el número de clientes contenidos  
Una inicialización apropiada reduce el transitorio

Usuarios;  
N=50;

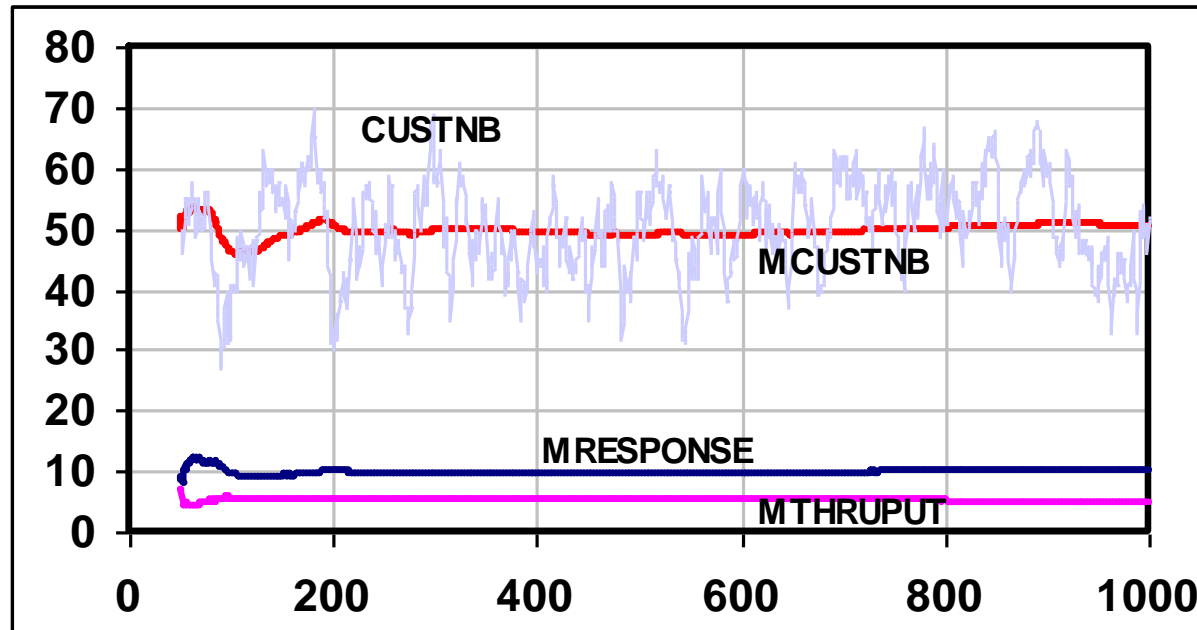
Servidor;  
N=50;



Transitorio: 0 seg --- 100 seg para estabilizar los promedios

# ELIMINACIÓN DEL TRANSITORIO

Truncar o eliminar los primeros valores del cálculo de las estadísticas (valores medios) permite reducir el transitorio



**Transitorio: 0 seg --- 150 seg para estabilizar los promedios**

Efecto combinado de las 3 técnicas: Mayor con modelos complejos

# CRITERIOS DE PARADA

Determinar cuándo debe detenerse la simulación. Hasta que el valor observado entre dentro de un intervalo de confianza dado

- $x \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{Var(x)}{n}}$
- **Replicaciones independientes**  $\left\{ \begin{array}{l} m \text{ replicaciones} \\ \text{de tamaño } n+n_0 \\ n_0 = \text{transitorio} \end{array} \right.$

Calcula la media para cada replicación.  $x_i = \frac{1}{n} \sum_{j=n_0+1}^{n+n_0} x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m$

Calcula la media global para todas las replicaciones.  $\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i$

Calcula la varianza de las medias.  $Var(\bar{x}) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2$

Calcula el intervalo de confianza.  $\bar{x} \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{Var(x)}{m}}$

Se descartan  $mn_0$  valores

# CRITERIOS DE PARADA

- **Medias por Lotes:** Realiza una simulación muy larga  $N+n_0$   
Elegir un tamaño del lote.

Calcula la media del lote:  $x_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m$

Calcula la media global:  $\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i$

Calcula la varianza de las medias:  $Var(x) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2$

Calcula el intervalo de confianza.  $\bar{x} \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{Var(x)}{m}}$

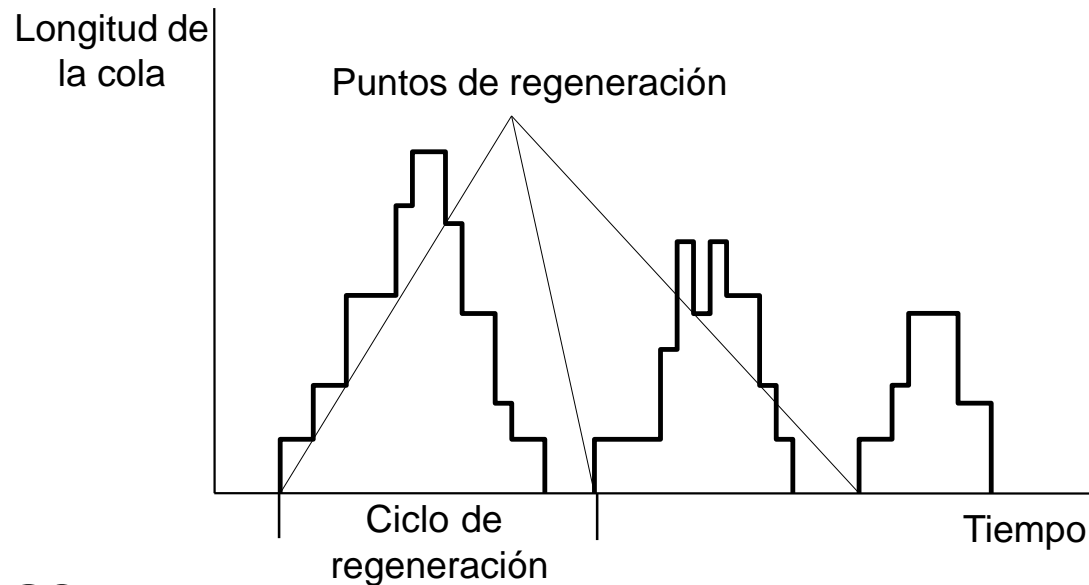
Se descartan sólo  $n_0$  valores

Se recomienda probar con varios valores de  $n$

# CRITERIOS DE PARADA

- Método de Regeneración (*Spectral*):

Estudiar el sistema cuando en su evolución vuelve a las condiciones iniciales de partida



## Problemas:

- No es posible conocer los ciclos de regeneración
- Los cálculos son complicados