



## **SIMULACION**

Jorge E. Schmitt

La búsqueda de conocimientos que le permitan predecir el futuro es una constante en el desarrollo de la humanidad.

Hasta el siglo XVII esa búsqueda estuvo orientada casi exclusivamente por métodos puramente deductivos (Platón, Aristóteles, Euclides y otros filósofos de la época), pero en 1620 Sir Francis Bacon plantea la necesidad de incluir los métodos de la lógica inductiva y da nacimiento al "método científico" con sus cuatro conocidos pasos:

1. Observación del sistema
2. Formulación de una hipótesis que intenta explicar las observaciones realizadas.
3. Predicción del comportamiento del sistema con base en la hipótesis formulada mediante el uso de la deducción lógica.
4. Realización de experimentos para probar la validez de las hipótesis.

El método científico puede considerarse como un ciclo iterativo en el que interactúan la intuición y la lógica.

A partir de cierta situación la intuición extrapola e inventa nuevas teorías. Experimentos posteriores, lógicamente interpretados, ratifican, modifican o declaran falsas las teorías creadas por la intuición. A su vez los resultados obtenidos estimulan la intuición creadora y reanudan el ciclo del método científico.

Frente a la complejidad ciertos problemas que actualmente se encaran, en algunos casos resulta conveniente utilizar alguna forma de simulación como sustituto del paso (o pasos) que generan una especial dificultad en el procedimiento tradicional.

La simulación es una técnica que permite construir modelos de un sistema real y operarlos (realizar experimentos) en hipotéticas condiciones exteriores con el objetivo de predecir el comportamiento esperado del sistema real a partir de la información generada en el modelo.

Podemos citar una definición estrictamente formal dada por C. West Churchman (1):

"X simula a Y" si y solo si a) X e Y son sistemas formales: b) la Y se considera como el sistema real: c) X se toma como una aproximación del sistema real: d) las reglas de validez en X no están exentas de error.

La elaboración de "modelos" no es privativa de las técnicas de simulación, si bien en ella aparece de manera explícita, ya que de una manera u otra siempre visualizamos la realidad mediante modelos simplificados y para cada problema decisorio siempre existe un nivel de simplificación óptimo del modelo (2).



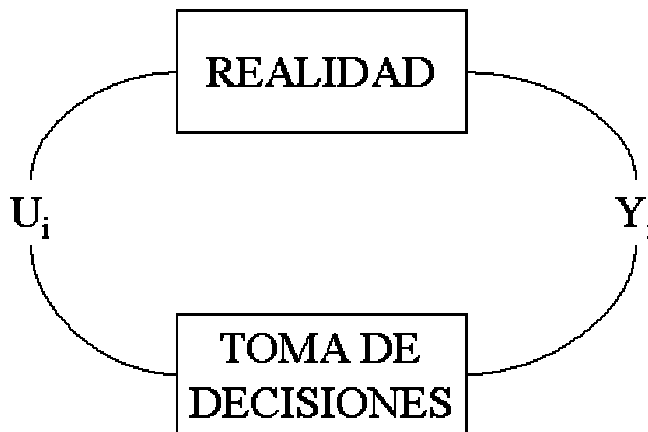
Ninguna parte sustancial del Universo es tan simple como para comprenderse y controlarse sin abstracción. Esta consiste en reemplazar la parte del Universo bajo consideración, por un modelo de estructura similar, pero más simple. Los modelos... constituyen entonces una necesidad central del procedimiento científico". (3, pag. 316).

Un modelo constituye una representación abstracta de un cierto aspecto de la realidad, tiene una estructura que está formada por los elementos que caracterizan el aspecto de la realidad modelado y por las relaciones entre estos elementos.

### **SIMULACION Y TOMA DE DECISIONES:**

El objetivo de la simulación es la obtención de información decisoria que permita mejorar la predicción implícita en toda decisión.

El proceso de toma de decisiones puede esquematizarse de la siguiente manera (4):



$U_i$  :alternativas decisorias

$Y_i$  : resultados

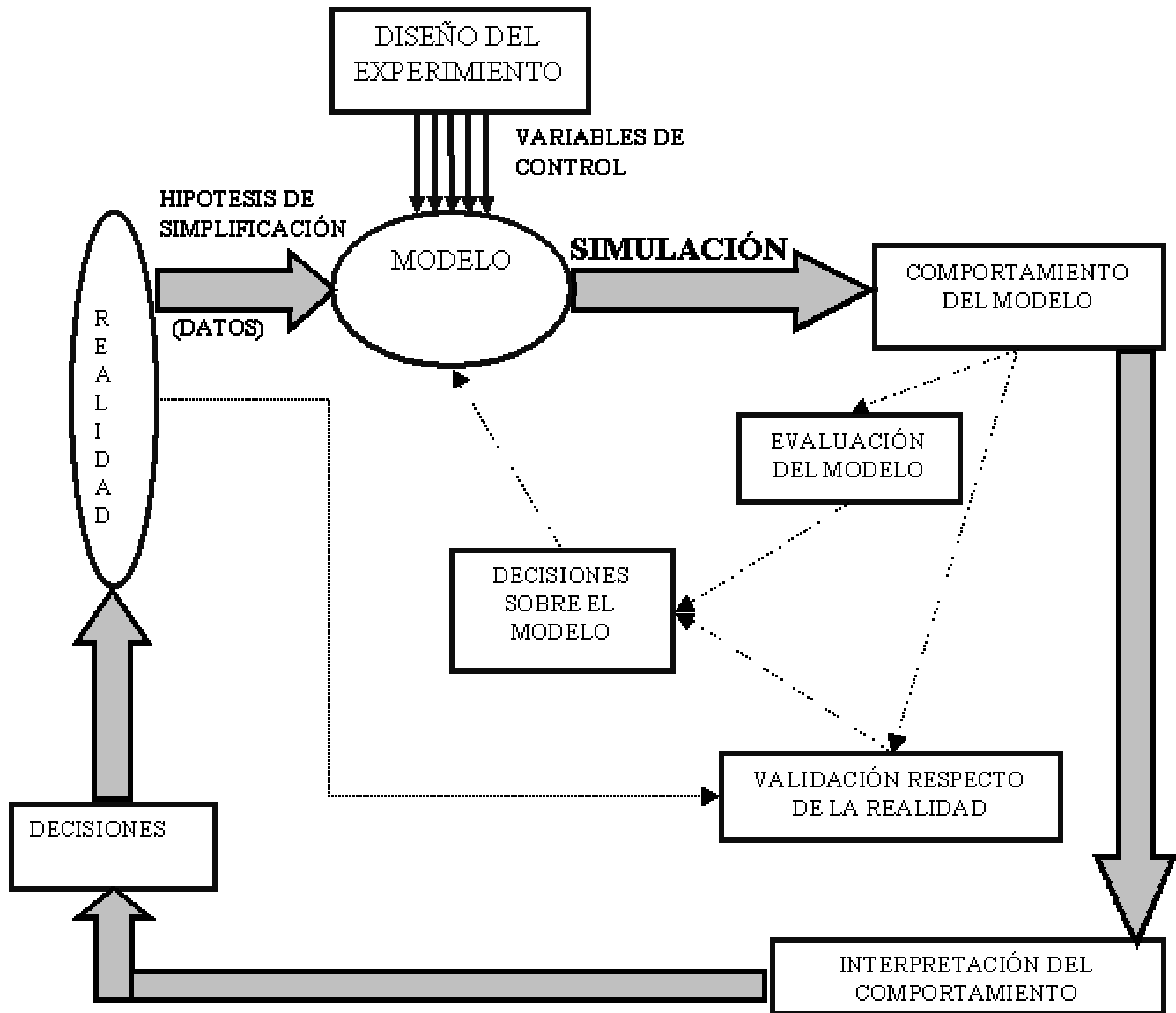
La decisión sobre que valor asignar a las variables  $U$  se adopta a partir del conocimiento de los valores tomados por las variables  $Y$ .

Tomar una decisión implica la elección entre distintas alternativas (la elección de un valor  $U_i$  entre los posibles valores de  $U$ ). A cada uno de esos valores de  $U_i$  está ligado un resultado  $Y_i$ , es decir existe una relación  $Y_i = R_i(U_i)$

El conocimiento de estas relaciones  $R_i$  permitirá predecir que resultado (comportamiento) se obtendrá como consecuencia de cada una de las posibles acciones y por lo tanto elegir aquella que permita el mejor ajuste al objetivo propuesto.



En muchos casos es sumamente difícil, costoso y/o peligroso o directamente imposible obtener información que permita predecir el comportamiento del sistema real. Es entonces cuando recurrimos a la simulación según el siguiente esquema:



### **LAS ETAPAS DE UN PROCESO DE SIMULACION**

El proceso de simulación implica una serie de etapas que citaremos a continuación, aclarando que el orden adoptado no implica forzosamente una secuencia cronológica, pues las mismas se realimentan mutuamente y el avance se produce por aproximaciones sucesivas.

#### **a) Formulación del problema**



Los objetivos a cubrir mediante un proceso de simulación toman generalmente la forma de preguntas que deben contestarse, hipótesis que deben probarse o efectos que deben estimarse. En cualquier caso es necesario definir en primer lugar muy claramente los objetivos de nuestra investigación. Con toda seguridad la versión final del problema variará considerablemente de su expresión inicial, pues la formulación misma del problema es un proceso continuo y progresivo que se va afinando al ir avanzando en el conocimiento del sistema y su comportamiento.

**b) Recolección y procesamiento de información tomada de la realidad.**

La formulación del problema y el desarrollo de un modelo adecuadamente representativo de la realidad que se quiere simular requiere disponer de información (datos) que debe ser recolectada, almacenada y procesada para adecuar su nivel de definición a las necesidades del problema.

Debe tenerse en cuenta que estas tareas suelen ser sumamente dificultosas, costosas y demandan un tiempo apreciable para su ejecución y que debe dársele gran importancia pues los resultados que se obtengan al efectuar la simulación sólo serán válidos como información decisoria ante el sistema real en la medida que lo sean los datos a partir de los cuales se desarrolló el modelo.

**c) Formulación del modelo**

A partir de los datos tomados de la realidad y aplicando las hipótesis de simplificación adecuada a los objetivos planteados, se procederá a la formulación del modelo.

El modelo se irá concretando a través de diversas formas de expresión, comenzando generalmente por un modelo descrito, de expresión verbal, muy cómodo para el intercambio de información pero poco preciso, hasta llegar a un modelo expresado en un lenguaje de computación (programa) apto para ser procesado en una computadora digital, pasando por etapas intermedias de formalidad creciente (modelo matemático, diagrama de flujo, diagrama causales, diagrama de Forester) que serán utilizados según las preferencias del equipo de proyecto y según las características específicas del problema.



Generalmente nos estamos refiriendo a sistemas cuyo comportamiento debe analizarse a lo largo del tiempo, debiendo en consecuencia prestarse especial atención al mecanismo de flujo del tiempo, dando lugar a modelos con incremento variable de tiempo y modelos con incremento constante de tiempo, a los que más adelante nos referiremos con más detalle.

También estamos incluyendo en la formulación del modelo la estimación de los parámetros de las características operacionales a partir de los datos reales.

#### **d) Decisiones sobre el modelo**

El desarrollo del modelo es un proceso por aproximaciones sucesivas, a medida que se avanza en el mismo se realizará una evaluación del modelo y de los parámetros estimados y se tomarán decisiones para ajustarlo al logro de los objetivos (aquí se está evaluando la calidad del modelo).

Finalmente será necesario validar el modelo respecto de la realidad (aquí lo que se está comprobando es la validez de las hipótesis de simplificación adoptadas). El modelo podría ser perfecto como tal, pero no ser adecuadamente representativo de la realidad para el objetivo planteado y en consecuencia la información aportada no sería útil para tomar decisiones sobre esa realidad.

#### **e) Decisiones sobre la realidad**

Las decisiones sobre la realidad se tomarán a partir de información predictiva basada en el comportamiento del modelo.

Para realizar la explotación del modelo será necesario establecer un diseño del experimento que permita identificar el nivel y las combinaciones de los factores (variables de control) y el orden de los experimentos.

Además la información sobre el comportamiento del modelo debe ser adecuadamente recolectada, procesada para darle el nivel de definición necesario e interpretada en relación con la realidad sobre la que se quiere actuar.

### **EL MECANISMO DE FLUJO DE TIEMPO**

A lo largo del tiempo en el modelo se producen eventos " $e_i$ ":



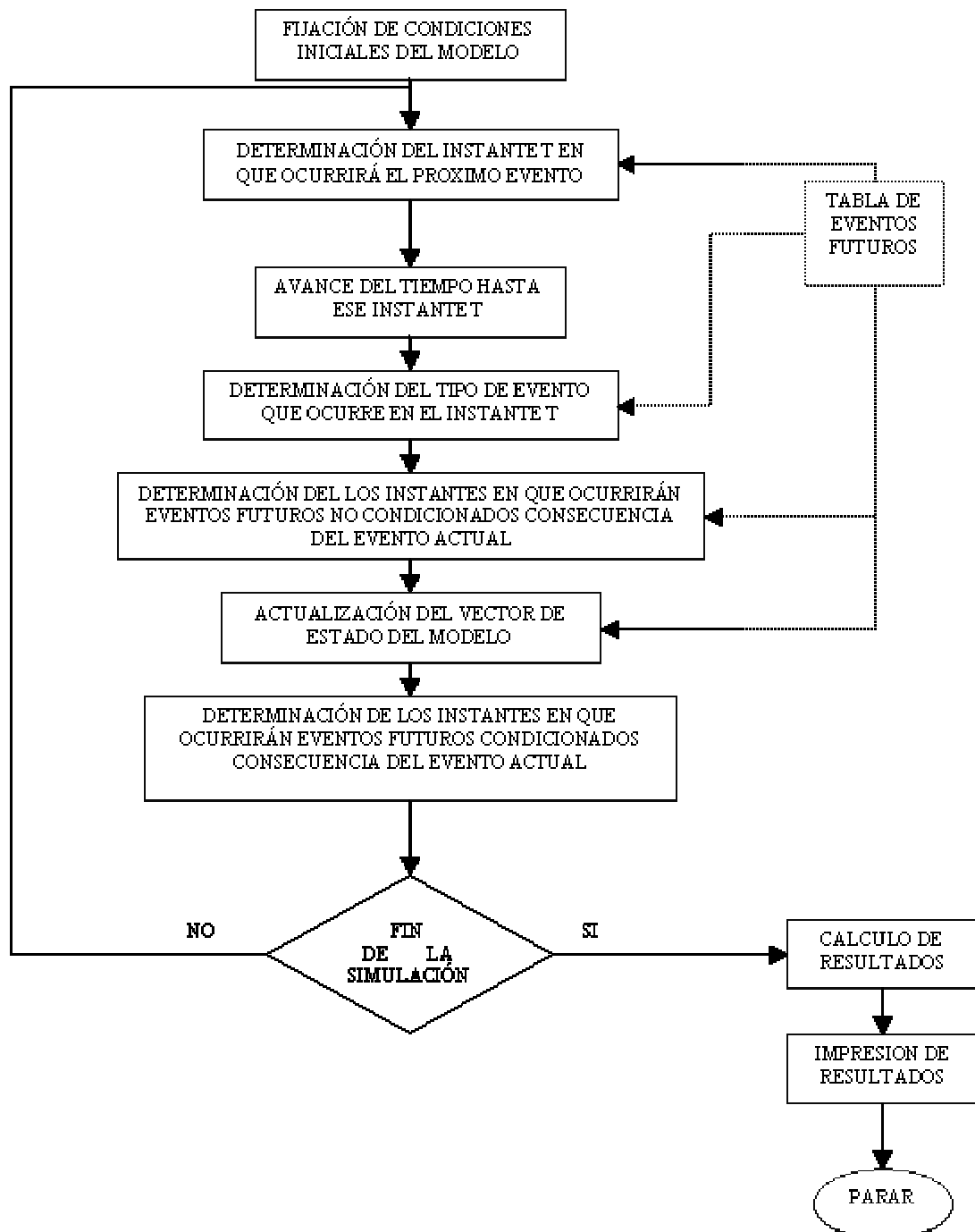
El avance del tiempo en el modelo puede realizarse por incrementos variables (evento a evento), o por incrementos constantes.

## METODOLOGIAS PARA INCREMENTOS DEL TIEMPO

a) Por incrementos variables (evento a evento)

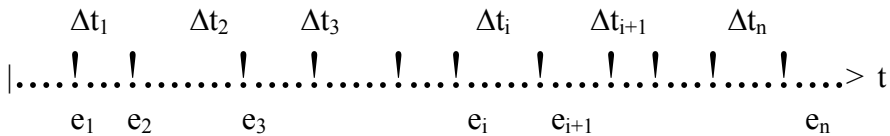
$$|\dots \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \dots \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \dots \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \dots \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \dots \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \overset{!}{\cdot} \dots \rangle_t$$

En el esquema siguiente se muestra el proceso iterativo que permite lograr el avance del tiempo de un evento  $e_i$  al siguiente  $e_{i+1}$  y a través de su encadenamiento el funcionamiento del modelo.



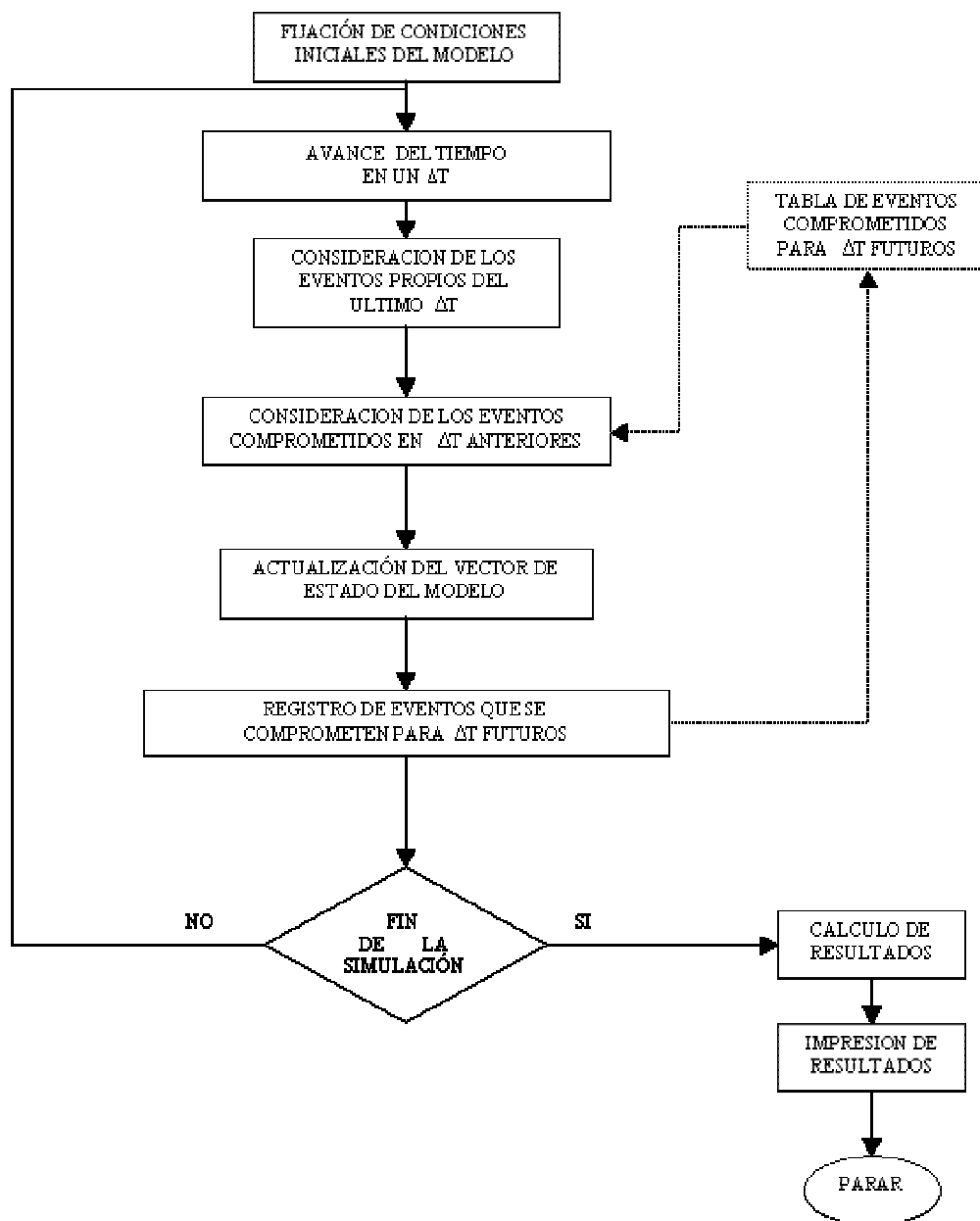


b) Por incrementos de tiempo constantes:



El  $\Delta t$  es siempre igual, durante el mismo pueden ocurrir varios, uno o ningún evento. El final del  $\Delta t$  puede coincidir o no con la ocurrencia de un evento. Lo que se fija es el  $\Delta t$  independientemente de los instantes en los que ocurren los eventos.

En el esquema siguiente se muestra el proceso iterativo que permite lograr el avance del tiempo de un  $t_i$  al siguiente  $t_{i+1}$  y a través de su encadenamiento el funcionamiento del modelo.





**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS EN EL TEXTO:**

- (1) Churchman, C. WEST. "AN ANALYSIS OF THE CONCEPT OF SIMULATION".  
Symposium on Simulation Models, Edit. South-Western Publishing Co., Cincinnati, 1963.
- (2) Schmitt Jorge E.. "La Revolución Informática". UNESCO-KOSTLAC.  
Boletín MCII, Año 4 Nro 2 (noviembre 1986)
- (3) Rosenblueth, Arturo y Wiener, Norbert. "The Role of Models in Science". Philosophy of  
Science, XII Nro 4 (Octubre 1945) 316-321.
- (4) Javier Aracil. "Introducción a la Dinámica de Sistemas". Alianza Universidad Textos.