

Antes de discutir en que consisten los pasos del *Proceso de Simulación*, debemos precisar la diferencia entre tres conceptos que en ocasiones se mencionan como "sinónimos". Se trata de los conceptos de *simulación*, *juego de simulación* y *técnica de Monte Carlo*.

Cuando se habla de la *simulación* de un sistema se hace referencia, tal y como se mencionó anteriormente, al **proceso** mediante el cual se **imita** el desempeño de un sistema en un **medio controlado** con el fin de **estimar** cual sería el desempeño real. En general, se analizan preguntas del tipo, "¿qué sucede si ...?".

Un *juego de simulación* es un proceso de simulación dinámico de un sistema bajo estudio, donde uno de los componentes es el *recurso humano* y éste puede *tomar decisiones* a lo largo del parámetro *tiempo*.

La *técnica de Monte Carlo* es una herramienta que se emplea tanto para los procesos de simulación como para los juegos de simulación, con la finalidad de seleccionar "números aleatorios". Los números aleatorios nos permiten representar el elemento estocástico en todo proceso de simulación de un sistema bajo estudio.

### El Proceso de Simulación.

La planificación del proceso de simulación requiere, en general, de los siguientes pasos<sup>1</sup>:

- 1) Formulación del problema.
- 2) Recolección y procesamiento de la información requerida.
- 3) Formulación del modelo matemático.
- 4) Evaluación de las características de la información procesada.
- 5) Formulación de un programa de computadora (utilización de un lenguaje de programación, de un paquete general o de un paquete especializado).
- 6) Validación del programa de computadora.
- 7) Diseño de experimentos de simulación.
- 8) Análisis de resultados y validación de la simulación.

<b>1: Formulación del problema.</b>
Al igual que en medicina, el problema se presenta por los <i>síntomas</i> y no por el <i>diagnóstico</i> . Para establecer el <i>diagnóstico</i> y generar <i>soluciones</i> , se deben buscar los <i>signos y síntomas</i> .
<i>Se debe identificar la estructura del sistema.</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ubicar al sistema considerado dentro de sistemas más grandes.</li><li>• Determinar los componentes del sistema.</li><li>• Determinar los canales de comunicación entre los componentes del sistema y hacia</li></ul>

<sup>1</sup> J. Prawda W., "Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones", Vol. 2: Modelos Estocásticos, Editorial Limusa, S. A., 1991.

	<p>elementos de otros subsistemas que eventualmente tendrán influencia directa o indirecta.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar como se tiene acceso a la información requerida, como se procesa y como se transmite.</li> </ul> <p><i>Se inicia el proceso dialéctico<sup>2</sup> iterativo entre quienes tienen el problema y los que van a construir el modelo.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se identifica(n) el(los) <b>objetivo(s)</b> o <b>propósito(s)</b> a través de un conjunto refinado de preguntas inteligentes que requieren una secuencia lógica. <i>Ejemplo:</i> ¿Se necesita un nuevo aeropuerto internacional en la ciudad?. ¿Dónde debe construirse el mismo?.</li> <li>La formulación del problema se efectúa aceptando o refutando un conjunto de <b>hipótesis</b>. <i>Ejemplo:</i> ¿La construcción de un nuevo aeropuerto internacional acelerará el deterioro de la calidad de vida de los habitantes?.</li> <li>La formulación del problema se realiza estimando los <b>efectos</b> que tienen las actividades endógenas y exógenas en el sistema bajo estudio. <i>Ejemplo:</i> ¿Cómo afectará al transporte la localización del nuevo aeropuerto en X, Y o Z?.</li> </ul>
--	---

<b>2:</b>	<p><b><i>Recolección y procesamiento de la información requerida.</i></b></p> <p><i>Recolección:</i> Proceso de captura de los datos disponibles que se requieren para la simulación del comportamiento del sistema.</p> <p><i>Procesamiento:</i> Comprende las actividades requeridas para transformar los datos en información.</p> <p><i>Ejemplo:</i> El directorio telefónico es un banco de datos; mi dirección y teléfono es información que procede de ese banco de datos.</p> <p>La información puede provenir de datos históricos, series de tiempo, opiniones de expertos, estudios de campo, etc.</p>
-----------	--

<b>3:</b>	<p><b><i>Formulación del modelo matemático.</i></b></p> <p><i>"Modelar es más un arte que una técnica".</i> El significado de esta frase reside en el hecho evidente que la representación de un sistema dado depende de la naturaleza del sistema mismo, de sus componentes y relaciones entre sí. Es imposible proporcionar reglas mediante las cuales construir modelos matemáticos salvo en el caso de ciertas familias de problemas con características comunes o similares.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Al modelar, se caracterizan matemáticamente las relaciones que gobiernan la interacción de los componentes del sistema y de las actividades endógenas y exógenas.</li> <li>La descripción del sistema se debe hacer en forma modular y por bloques. El conjunto de estos bloques es el sistema bajo estudio.</li> <li>En cada módulo se identifican los componentes, atributos, actividades endógenas, actividades exógenas y las relaciones entre éstas. Es más fácil construir una expresión matemática de las interrelaciones de los componentes y actividades de un bloque, que de todo un sistema. Sin embargo, aún a esta escala, la modelación</li> </ul>
-----------	---

<sup>2</sup> Perteneciente a la **Dialéctica**: Ciencia filosófica que trata del raciocinio y de sus leyes, formas y modos de expresión.

	puede ser difícil y en ciertos casos, imposible. El sistema como un todo se modela matemáticamente de acuerdo a la interconexión de sus bloques.
--	--

<b>4:</b>	<p><b><i>Evaluación de las características de la información procesada.</i></b></p> <p>Como habíamos mencionado con anterioridad, los modelos a considerar serán aquellos <i>discretos, dinámicos y estocásticos</i>. En consecuencia, parte de la información requerida tendrá características aleatorias. Necesitamos generar (teóricas o empíricas) las distribuciones de probabilidad que describan la información que así lo requiera.</p> <p>Para averiguar los parámetros de la(s) distribución(es) de probabilidad teórica(s) o empírica(s) se requieren ciertas pruebas estadísticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas referentes a valores medios (diferencia entre medias).</li> <li>• Pruebas referentes a variaciones (ji-cuadrada, prueba F).</li> <li>• Pruebas referentes a conteo de datos (bondad de ajuste, pruebas de corrida e intervalo).</li> <li>• Pruebas no paramétricas (correlación, Kolmogorov-Smirnov).</li> </ul>
-----------	--

<b>5:</b>	<p><b><i>Formulación de un programa de computadora.</i></b></p> <p>Se trata de la programación en un lenguaje de programación conocido, a través de un paquete general o a través de un paquete especializado, del flujograma de actividades del sistema. Se prueba el programa hasta eliminar los errores de tipo lógico y semántico que pueda haber.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La utilización de algún lenguaje de programación conocido (FORTRAN, C, VISUAL C, JAVA, etc.) requiere conocimiento detallado del lenguaje, tiempo para el desarrollo, limpieza y prueba del programa (modelo).</li> <li>• Cuando hablamos de la utilización de algún paquete general como ARENA, GPSS, etc., nos referimos a aquellos lo suficientemente flexibles para simular casi cualquier sistema.</li> <li>• Cuando hablamos de la utilización de algún paquete especializado como CRYSTAL BALL, @RISK, (análisis de riesgo), SIMFACTORY (procesos de manufactura), etc., nos referimos a aquellos diseñados para simular un problema perteneciente a una clase especial.</li> </ul>

<b>6:</b>	<p><b><i>Validación del programa de computadora.</i></b></p> <p>La validación de un programa en un proceso de simulación es algo difícil, pues se requiere una combinación de suposiciones prácticas, teóricas, estadísticas y filosóficas complejas.</p> <p>Validar un programa en un proceso de simulación consiste en la realización de pruebas para verificar o refutar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de las múltiples corridas de un experimento de simulación. Al mismo tiempo, se deben comparar los resultados de la simulación con series históricas existentes y verificar la exactitud del pronóstico.</p>
-----------	---

7:	<p><b><i>Diseño de experimentos de simulación.</i></b></p> <p>Esta etapa y la siguiente están íntimamente relacionadas. La <i>teoría estadística</i> que se puede aplicar a la experimentación en un proceso de <i>simulación</i> es en esencia la misma que se utiliza para la experimentación en <i>física</i>. El diseño de experimentos se basa en el amplio cuerpo de conocimientos que comprende la estadística.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se eligen distribuciones de probabilidades adecuadas a los parámetros de naturaleza aleatoria y se generan "números aleatorios" de acuerdo a estas distribuciones.</li><li>• Se estiman el(los) tamaño(s) de la(s) muestra(s) y el número de ejecuciones del programa de computadora para la simulación.</li><li>• Establecer condiciones si el sistema opera de forma continua en una condición de estado estable o transitorio.</li></ul>
8:	<p><b><i>Análisis de resultados y validación de la simulación.</i></b></p> <p>El análisis de resultados consiste en la recolección de los datos producidos por la simulación, calcular e interpretar ciertas estadísticas. La validación se lleva a cabo comparando los resultados obtenidos a través de la simulación con series históricas existentes.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se calculan medidas de desempeño.</li><li>• Se generan intervalos de confianza para las diferentes medidas de desempeño.</li><li>• Se valida la herramienta a través del uso dado por aquellos que toman las decisiones.</li></ul>

De manera equivalente pero menos específica (grosso modo), podríamos presentar las etapas generales del proceso en términos de un flujograma.

