



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ**

**Materia: Simulación**

**Unidad 2:**

**LAS ETAPAS DE LA SIMULACION NUMERICA.**

**Tema:**

**2.4 La verificación, la validación y el diseño de experimentos**

**Catedrático:**

**Dr. José Antonio Garrido Natarén**

**ING. MECATRÓNICA.**

**H. Veracruz, Ver. 3 de Marzo de 2015**

## 2.4 LA VERIFICACIÓN, LA VALIDACIÓN Y EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

### VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

La **verificación** de modelos es una técnica que, dado un modelo finito de un sistema y una propiedad formal, verifica por medio de una herramienta si dicha propiedad vale en todos los estados del sistema.

La **verificación** se refiere a la construcción correcta de un modelo. Se puede definir verificación como el proceso de determinar si la lógica operacional del modelo (programa de ordenador) se corresponde con la lógica del diseño. En términos más simples, consiste en determinar si hay errores en el programa.

La **validación** se refiere a la construcción de un modelo correcto. La validación es el proceso de determinar si el modelo, como abstracción, es una buena representación del sistema.

Usualmente la **validación** se consigue a través de la calibración del modelo, en un proceso iterativo de comparación del comportamiento del modelo con el del sistema usando las diferencias entre ambos para mejorar el modelo. Este proceso se repite hasta que el modelo se considera aceptable.

El desarrollo del modelo es un proceso iterativo en el que hay sucesivos refinamientos en cada etapa. El paso entre las distintas etapas está marcado por el éxito o fracaso al realizar la verificación y la validación en las mismas.

Cuando se valida un modelo se establece que el modelo es una representación creíble del sistema real, cuando se verifica un modelo se determina si la lógica del modelo ha sido correctamente implementada. Dado que los objetivos de la verificación y de la validación son diferentes también lo son las técnicas para realizarlos.

En la tabla podemos resumir el papel que la verificación y la validación desempeñan en un proceso de simulación.

Nivel de Modelización	Verificación	Validación
Modelo Conceptual		¿Contiene el modelo todos los elementos, sucesos, y relaciones relevantes? ¿Podrá el modelo responder a las cuestiones planteadas?
Modelo Lógico	¿Están los eventos representados correctamente? ¿Son las fórmulas	¿Incluye el modelo todos los elementos considerados en el

	matemáticas y las relaciones correctas? ¿Están las medidas estadísticas formuladas correctamente?	modelo conceptual? ¿Contiene todas las relaciones del modelo conceptual?
Modelo de ordenador/Modelo de Simulación	¿Contiene el código todos los aspectos del modelo lógico? ¿Están las estadísticas y las fórmulas calculadas correctamente? ¿Contiene el modelo errores de codificación?	¿Es el modelo una representación válida del sistema real? ¿Puede el modelo duplicar el comportamiento del sistema real? ¿Es creíble el modelo para los expertos del sistema?

## VALIDACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

La validación del modelo conceptual consiste en establecer si con la abstracción que hemos realizado sobre el sistema real, se podrá responder a las cuestiones planteadas. Se puede ver como el proceso en el cual el analista de la simulación, las personas que tienen que tomar las decisiones sobre el sistema y el administrador del sistema, se ponen de acuerdo sobre qué aspectos del sistema real deben ser incluidos en el modelo, y qué información debe dar el modelo como salida.

Dado que no hay un método estándar para la validación del modelo conceptual, se va a presentar una serie de aproximaciones que son útiles para establecer si los aspectos del sistema real, recogidos en el modelo conceptual son los importantes para el propósito de la simulación.

**Representación de los sucesos del sistema.** El grafo de sucesos es un método que sirve para describir de forma gráfica los sucesos y los elementos de un sistema de eventos discretos. Dicha representación también puede resultar útil para la validación del modelo conceptual.

**Identificación explícita de los elementos que han de estar en el modelo.** En la mayoría de los casos, el modelo no puede contener cada detalle del sistema real, pero sí debe incluir aquellos elementos que sean relevantes para responder a las cuestiones planteadas.

Debemos identificar todos los sucesos, facilidades, equipamiento, reglas de operación, variables de estado, variables de decisión y medidas de ejecución que van a formar parte del modelo de simulación.

Existen tres filosofías para decidir qué elementos del sistema real incluir en el modelo:

1. Incluir todos los aspectos del sistema real que parecen influir en su comportamiento y luego simplificar el modelo para quedarse sólo aquellos elementos que son más relevantes.
2. Empezar con un modelo simple del sistema real e ir añadiendo complejidad a éste hasta llegar a tener elementos suficientes para responder a las cuestiones planteadas.

3. Hacer un gasto inicial de esfuerzo y tiempo tratando de identificar los elementos del sistema que tienen mayor importancia para responder a las cuestiones planteadas.

Antes de pasar a construir el modelo lógico se ha de estar seguro que el modelo conceptual es una buena abstracción del sistema real.

## **VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO LÓGICO**

El modelo lógico (diagrama de flujo) sirve como puente entre el modelo conceptual y el modelo de ordenador. Si el modelo conceptual se ha construido bien, la verificación del modelo lógico no es un proceso complejo. Una aproximación para la verificación del modelo lógico se centra en responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Están procesados correctamente los sucesos del modelo?
- ¿Son válidas las fórmulas matemáticas y las relaciones incluidas en el modelo?
- ¿Están calculadas correctamente las estadísticas y medidas de ejecución?

## **VERIFICACIÓN DEL MODELO DE ORDENADOR**

Una vez que el modelo lógico ha sido verificado y validado, se ha de implementar el modelo de ordenador. El modelo de ordenador se verifica para mostrar que la implementación es correcta y no contiene errores. Esto es diferente a mostrar que el modelo es una representación adecuada del sistema real, lo que sería la validación del modelo. Algunos de los métodos de verificación del modelo de ordenador son propios de la simulación, mientras que otros se utilizan en cualquier desarrollo de software.

Las siguientes aproximaciones se pueden utilizar para verificar el modelo de ordenador:

- Métodos de programación estructurada
- Trazas de simulación
- Pasar test al programa
- Chequear las relaciones lógicas
- Comparar con modelos analíticos
- Usar representaciones gráficas

## **VALIDACIÓN DEL MODELO DE ORDENADOR**

Una vez que el modelo de ordenador se ha verificado, se ha de determinar si es una correcta representación del sistema real. En el proceso de validación del modelo han de intervenir el analista y las personas relacionadas con el sistema.

Un test para validar el sistema es ver si las personas relacionadas con el sistema confían en el modelo y están dispuestos a utilizarlo. La importancia de la credibilidad en el modelo

es la mayor razón del interés tan difundido en realizar una animación de la salida de la simulación. La animación es una forma efectiva para que los analistas comuniquen la esencia del modelo al administrador.

Un modelo es desarrollado siempre para un conjunto particular de propósitos. Un modelo de un determinado sistema puede ser válido para un propósito y no ser válido para otro.

Vamos a ver una serie de métodos de validación como:

- **Comparación de los resultados de salida del modelo con los del sistema real.** Este método consiste en ejecutar el modelo y obtener una serie de datos de salida y comparar éstos, mediante algún método estadístico, con resultados que se tengan del sistema.
- **Método Delphi.** Este método se utiliza cuando no se tienen datos o se dispone de muy pocos, acerca del sistema que se está considerando. En este método, se selecciona un grupo de expertos los cuales deben llegar a un consenso en las respuestas que den acerca de una serie de preguntas que se les plantean.
- **Test de Turing.** En este test, a un experto, o grupo de expertos, se le presentan resúmenes o informes de resultados de ejecución del sistema y del modelo, a los que se les ha dado el mismo formato. Estos informes se reparten aleatoriamente a los ingenieros y administradores del sistema, para ver si son capaces de discernir cuáles son los reales del sistema y cuales la imitación resultado de la simulación.
- **Comportamiento en casos extremos.** Ocasionalmente se puede observar el comportamiento del sistema bajo condiciones extremas. Esta es una situación ideal para recoger datos de las medidas de ejecución del sistema real de forma que luego se puedan comparar con los resultados de la simulación.

## EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

La experimentación es una técnica utilizada para encontrar el comportamiento de una variable a partir de diferentes combinaciones de factores o variables de entrada de un proceso, que al cambiar afectan la respuesta.

Para entrar a experimentar es necesario pasar primero por el **diseño de experimentos**, esta técnica busca la manipulación sistemática de las variables de entrada de un proceso para entender el efecto que estas pueden causar en la variable respuesta. Es ampliamente utilizado en las empresas debido a que éste permite visualizar situaciones que pueden suceder a partir de la realización de un proceso. En la industria se utiliza principalmente para buscar el mejoramiento del rendimiento de un proceso, para reducir la variabilidad y permitir que haya un mayor acercamiento a los parámetros de la empresa, para reducir tiempos de procesamiento y reducir costos. Cualquier problema experimental incluye: diseño del experimento y análisis de los datos.

## **PASOS A SEGUIR EN EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

1. Reconocimiento y establecimiento del problema
2. Selección de los factores y niveles de cada uno de estos
3. Selección de la variable respuesta
4. Determinación del diseño experimental que debe llevarse a cabo
5. Realización del experimento para la obtención de los datos de la respuesta
6. Análisis de los datos
7. Conclusiones y recomendaciones
8. Estudio de confirmación

### **VENTAJAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL**

- ✓ Se elimina el efecto de las variables perturbadoras o extrañas, mediante el efecto de la aleatorización.
- ✓ El control y manipulación de las variables predictorias clarifican la dirección y naturaleza de la causa.
- ✓ Se requiere una estrecha colaboración entre los estadísticos y el investigador o científicos con las consiguientes ventajas en el análisis e interpretación de las etapas del programa.
- ✓ Se enfatiza respecto a las alternativas anticipadas y respecto a la pre-planeación sistemática, permitiendo aun la ejecución por etapas y la producción única de datos útiles para el análisis en combinaciones posteriores.
- ✓ Debe enfocarse la atención a las interrelaciones y a la estimación y cuantificación de fuentes de variabilidad en los resultados.
- ✓ El número de pruebas requerido puede determinarse con certeza y a menudo puede reducirse.
- ✓ La comparación de los efectos de los cambios es más precisa debido a la agrupación de resultados.
- ✓ La exactitud de las conclusiones se conoce con una precisión matemáticamente definida.

### **DESVENTAJAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL**

- ✓ Tales diseños y sus análisis, usualmente están acompañados de enunciados basados en el lenguaje técnico del estadístico. Sería significativos a la generalidad de la gente, además, el estadístico no debería subestimar el valor de presentarnos los resultados en forma gráfica. De hecho, siempre debería considerar a la representación gráfica como un paso preliminar de un procedimiento más analítico.
- ✓ Muchos diseños estadísticos, especialmente cuando fueron formulados por primera vez, se han criticado como demasiado caros, complicados y que requieren mucho tiempo. Tales críticas, cuando son válidas, deben aceptarse de buena fe y debe hacerse un intento honesto para mejorar la situación, siempre que no sea en detrimento de la solución del problema.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Simulation Using Promodel. Dr. Charles Harrell Dr. Biman K. Ghosh Dr. Royce O. Bowden Jr. Editorial Mc Graw Hill. Promodel User Guide, Promodel Corporation.
- Simulación y Análisis de Sistemas con Promodel, Eduardo García Dunna Heriberto García Reyes Leopoldo E. Cárdenas Barrón Editorial Pearson. Prentice Hall.
- <http://simulacionunilibre.blogspot.mx/p/disenio-experimental-definicion-ventajas.html>
- [http://samvisual.com.mx/cecyteg/soporte/media/media\\_archivos/13857465435298d06fe1a35.pdf](http://samvisual.com.mx/cecyteg/soporte/media/media_archivos/13857465435298d06fe1a35.pdf)
- [https://books.google.com.mx/books?id=iY6dl3E0FNUC&pg=PA16&lpg=PA16&dq=simulacion+el+dise%C3%B1o+de+experimentos&source=bl&ots=uJP91i\\_Kdw&sig=vKtIWb41K1txkTkrf3Bce9F-8bc&hl=es&sa=X&ei=H0n1VMT5J46gyASQzILICA&ved=0CC0Q6AEwAg#v=onepage&q=simulacion%20el%20dise%C3%B1o%20de%20experimentos&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=iY6dl3E0FNUC&pg=PA16&lpg=PA16&dq=simulacion+el+dise%C3%B1o+de+experimentos&source=bl&ots=uJP91i_Kdw&sig=vKtIWb41K1txkTkrf3Bce9F-8bc&hl=es&sa=X&ei=H0n1VMT5J46gyASQzILICA&ved=0CC0Q6AEwAg#v=onepage&q=simulacion%20el%20dise%C3%B1o%20de%20experimentos&f=false)
- [http://webserver.dmt.upm.es/zope/DMT/Members/jmtizon/libre-eleccion/old/4\\_Validacion.pdf](http://webserver.dmt.upm.es/zope/DMT/Members/jmtizon/libre-eleccion/old/4_Validacion.pdf)