

Terminología

Sistema: Es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo. Un sistema no está limitado a objetos físicos. Corresponde a la región del Universo sometida a estudio.

Sistema lineal: Es el sistema que cumple con el principio de superposición

Principio de superposición:

Es el principio matemático que satisface simultáneamente el principio de aditividad y de homogeneidad.

$y = f(x_1 + x_2) = f(x_1) + f(x_2)$	aditividad
$y = f(\alpha x) = \alpha f(x)$	homogeneidad
$y = f(\alpha x_1 + \beta x_2) = \alpha f(x_1) + \beta f(x_2)$	principio de superposición

Variables: Entidades que representan atributos del sistema y de su entorno. En sistemas físicos un buen ejemplo son las propiedades termodinámicas.

Clasificación de las variables:

Criterio	Tipo	
Espacial	{	Entradas. Internas. Salidas.
Actuación	{	Controladas. Consignas (referencias, setpoints). Manipuladas. Perturbaciones.

Variables Controladas: Son las cantidades o condiciones que arbitrariamente se denotan como las salidas del sistema. Las variables controladas más comunes son posición, velocidad, temperatura, presión, nivel y rata de flujo.

Referencias, Consignas, Valores Deseados o Setpoints: Son los objetivos del problema de control. Es el conjunto de los valores o trayectorias que se desea que alcancen las variables controladas.

Variables Manipuladas: Son las cantidades o condiciones modificadas intencionalmente a fin de afectar las variables controladas. Constituyen el subconjunto de variables de entrada al sistema que arbitrariamente ha sido seleccionado para ser modificado por el controlador. Estas variables deben ser capaces de afectar significativamente las condiciones de las variables controladas.

Variables de Perturbación: Son las señales que tienden a afectar adversamente el valor de las variables controladas de un sistema, pues no son manipuladas por el sistema de control. Perturbaciones internas son aquellas que se generan dentro del sistema, mientras perturbaciones externas son aquellas que se generan fuera del sistema y constituyen el subconjunto de entradas de perturbación. Son capaces de cambiar la carga sobre el proceso y son la principal razón por la cual se utilizan sistemas de control.

Variables de Estado: se definen como el conjunto mínimo de variables $x_1(t)$, $x_2(t)$, ..., $x_n(t)$, tales que su conocimiento en cualquier tiempo t_0 y la información sobre la señal de entrada aplicada subsecuentemente al tiempo t_0 son suficientes para determinar el estado del sistema para cualquier tiempo $t \geq t_0$. Se consideran variables internas.

Parámetros: Propiedades del sistema o de su entorno a las que se puede asignar valores numéricos arbitrarios, puede ser una constante o coeficiente de una ecuación.

Control: Es el conjunto de acciones aplicadas sobre las variables manipuladas de un proceso con la intención de corregir o limitar la desviación entre los valores medidos de las variables controladas y los valores deseados o setpoints.

Actuadores o Elementos Finales de Control (EFC): Son los dispositivos que reciben como entrada la acción de control, la cual usan para modificar sus salidas, las cuales son las variables manipuladas.

Proceso: Conjunto de varias unidades o equipos relacionados mediante flujos de materia, energía o información, obteniéndose como resultado un o unos productos con ciertas especificaciones pre-establecidas.

Clasificación de los procesos:

Proceso de:	Características
Separación	$\left\{ \begin{array}{l} \textit{Agentes:} \text{ energía calórica, afinidad química,} \\ \text{propiedades físicas, difusión, etc.} \\ \textit{Operaciones unitarias:} \text{ destilación, absorción,} \\ \text{extracción, evaporación y otras.} \end{array} \right.$
Conversión química	$\{ \textit{Fuerza impulsora:} \text{ energía interna o calórica.}$
Flujo de transporte	$\{ \textit{Fuerza impulsora:} \text{ gradiente de presión.}$

Modelo: Es una representación del sistema en términos físicos, gráficos o numéricos.

Esquema: Diagrama donde se utilizan elementos gráficos para representar un sistema complejo con sus interrelaciones internas y externas.

Simulación: Estudio de un proceso o sus partes mediante la manipulación de su modelo. Generación de la respuesta del modelo ante entradas y condiciones internas particulares para predecir la respuesta real del sistema.

Estabilidad: Es la característica que exhibe un sistema en su respuesta cuando es excitado por una entrada acotada arbitraria.

Ventajas del modelado:

1. Experimentación económica.
2. Extrapolación.
3. Repetición de experimentos.

4. Evaluación de otras configuraciones de diseño y operación.
5. Ensayos de sensibilidad.
6. Estudio de la estabilidad del sistema.

Áreas de aplicación:

1. Investigación y desarrollo.
2. Diseño.
3. Operación de plantas.
4. Mantenimiento.

Limitaciones del modelado:

1. Disponibilidad y exactitud de los datos.
2. Incertidumbre sobre la dinámica y efectos secundarios del sistema.
3. Incertidumbre sobre la eficiencia de los aparatos.
4. Recursos disponibles para la manipulación de los planteamientos matemáticos.
5. Región permisible para la extrapolación de conclusiones.

Etapas en la obtención, análisis y simulación de un modelo

1. Definición clara de la situación del mundo real a ser investigada. Definición y formulación del problema: se definen claramente las preguntas que necesitan respuesta. Establecimiento de objetivos y criterios; delineación de las necesidades de operación. Definición de las características esenciales relevantes a la situación y aspectos que no son relevantes o que su relevancia es mínima. Selección de los aspectos deben ser considerados y qué aspectos pueden ignorarse.
2. Inspección preliminar y clasificación del sistema con el fin de descomponerlo en subsistemas (elementos), si es necesario.
3. Determinación preliminar de las relaciones entre los subsistemas.
4. Consideración acerca de todas las variables x_1, x_2, \dots, x_n y los parámetros a_1, a_2, \dots, a_n involucrados. Clasificación de éstos en conocidos y desconocidos. Análisis de las variables y relaciones para obtener un conjunto tan sencillo y consistente como sea posible. Selección de las variables manipuladas; selección de los actuadores y de las fuentes de energía requeridas para la variable manipulada en base a disponibilidad y costo.
5. Uso de las bases de formulación del modelo. Consideración de todas las leyes físicas, químicas, biológicas, sociales, económicas que pueden ser relevantes a la situación. De ser necesario recolección de datos y análisis para obtener una visión inicial de la situación.

6. Establecimiento de un modelo matemático (en los casos que se aplicable) de las relaciones en función de las variables y los parámetros. Consideración del modelo matemático más apropiado y formulación del problema en el Lenguaje de Problema; es decir, en términos de ecuaciones o inecuaciones algebraicas, transcendentales, diferenciales, de diferencias, integrales, integro-diferenciales, diferencia-diferenciales; descripción de los elementos que solamente se pueden representar en forma incompleta mediante modelos matemáticos.
7. Uso de las suposiciones simplificantes.
8. Verificación de la consistencia del modelo.
9. Evaluación de la forma en la que el modelo representa al sistema, utilizando el juicio crítico para acoplar las relaciones matemáticas con las no matemáticas.
10. Identificación del sistema: excitación del sistema y medición de la respuesta.
11. Consideración de todas las posibles maneras de resolver las ecuaciones del modelo. Los métodos pueden ser analíticos o numéricos. Se debe tratar de obtener una solución analítica tanto como sea posible y de ser necesario complementar esta solución con métodos numéricos. Si un cambio razonable en las asunciones hace la solución analítica posible, se debe investigar esta posibilidad. Si se requieren nuevos métodos para resolver las ecuaciones del modelo, se debe intentar desarrollar estos métodos. Analizar el error asociado al método utilizado. Si el error no está dentro de los límites aceptables, se debe cambiar el método de solución.
12. Simulación del sistema.
13. Validación. Comparación entre las respuestas del sistema y el modelo. Si al comparar las predicciones con observaciones o datos disponibles, el ajuste es bueno, el modelo es aceptado. Si el ajuste no es bueno, se deben examinar las asunciones y aproximaciones y cambiarlas sobre la base de las diferencias observadas y proceder como antes hasta que se obtenga un modelo satisfactorio que produzca predicciones que se ajusten a los datos y observaciones usados para validar.
14. Análisis matemático del sistema: estabilidad, controlabilidad, observabilidad, etc.

Tipos de modelos

1. **Físicos:** representaciones a una escala diferente a la del sistema. El análisis dimensional es la herramienta fundamental.
2. **Analógicos:** se basan en similitud de comportamiento. Las variables y propiedades de asociación son diferencia de potencial, flujo, carga, resistencia, capacidad, inductancia.
3. **Gráficos:** dibujos y esquemas que describen espacial o funcionalmente un sistema. Por ejemplo diagramas de flujo de señales y mapas.
4. **Matemáticos:** representaciones del sistema en términos matemáticos en cuanto a sus características, propiedades y relaciones.

Ventajas del modelado matemático

1. Universalidad.
2. Lenguaje preciso y prácticamente sin ambigüedades.
3. Facilidad de manipulación analítica.
4. Implementación computacional.

Criterios para evaluar un modelo matemático

1. Fidelidad o concordancia.
2. Exactitud
3. Repetitividad.
4. Reproducibilidad.
5. Costo.
6. Tiempo.
7. Complejidad.
8. Capacidad.
9. Rango de acción.
10. Posibilidad de aplicación.

Características de los Modelos Matemáticos

1. **Formulación:**

- (a) **El modelado obliga a pensar claramente:** Antes de hacer a un modelo matemático, se debe estar claro sobre la estructura y elementos esenciales a la situación.
- (b) **Variables de estado y relaciones:** Para construir un modelo matemático, inicialmente se debe identificar las variables de estado y las relaciones entre ellas. La selección correcta de las variables de estado es de suma importancia.
- (c) **Modelado más Disciplina:** Para construir modelos matemáticos para describir una situación, se debe saber matemática y la disciplina en que la situación ocurre. Los esfuerzos para construir un modelo matemático sin un conocimiento profundo de la disciplina involucrada pueden llevar a modelos inútiles. El enfoque de la disciplina debe preceder y suceder al modelado matemático.
- (d) **Modelos para el pensamiento estratégico y táctico:** Los modelos pueden ser construidos para determinar las pautas para situaciones particulares para determinar una estrategia global aplicable a una variedad de situaciones.

- (e) **Modelado matemático y técnicas matemáticas:** El énfasis en matemática aplicada es con frecuencia en las técnicas matemáticas, pero el centro de las matemáticas aplicadas realmente es el modelado matemático.
- (f) **El modelado matemático provee una nueva ideología y unidad a la matemática aplicada:** Aún cuando la investigación de operaciones y la dinámica de los fluidos difieren en sus contenidos y en sus técnicas, el modelado matemático es común a ambas.
- (g) **Criterio para modelos exitosos:** Éstos incluyen un buen ajuste entre las predicciones y las observaciones, la obtención de conclusiones válidas no triviales, la simplicidad del modelo y su precisión.
- (h) **Generalidad y aplicabilidad del modelo:** El modelo en ecuaciones de Laplace aplica a sistemas gravitatorios potenciales, electro-estáticos, de flujo irrotacional y una gran variedad de otras situaciones. Hay modelos aplicables a una gran variedad situaciones, mientras otros son aplicables sólo en situaciones muy específicas.
- (i) **Unidad de disciplinas a través del modelado matemático:** Cuando varias situaciones diferentes son representadas por el mismo modelo matemático, esto revela una cierta identidad de estructuras para estas situaciones. Lo cual puede conducir a un ahorro de esfuerzos y puede revelar la unidad subyacente entre diferentes disciplinas.

2. Generalidad:

- (a) **Un modelo puede ser bueno, adecuado y similar a la realidad para un propósito y no para otro:** Esto implica que con frecuencia se necesitan modelos diferentes por explicar aspectos diferentes de una misma situación o incluso para rangos diferentes de las variables. Claro que en estos casos siempre se debe tratar de obtener un modelo unificado.

3. Alcance:

- (a) **Modelos matemáticos transferibles:** Un modelo matemático para un campo puede ser igualmente válido para otro campo y puede ser transferido válidamente a otro campo; sin embargo se debe tener gran cuidado en este proceso. Un modelo que es transferible a varios campos es muy útil, pero ningún modelo debe ser forzado en otro campo a menos que allí sea aplicable.
- (b) **Diccionario de modelos matemáticos:** Es improbable que alguna vez se llegue a completar un diccionario de modelos matemáticos, de manera tal que el trabajo se reduzca a seleccionar los modelos apropiados para cada situación. La familiaridad con los modelos existentes siempre será útil, pero nuevas situaciones siempre exigirán la construcción de nuevos modelos.
- (c) **Los modelos no deben ser prefabricados:** Algunos matemáticos puros creen que cada estructura lógica consistente modelará algún día alguna situación física. Es probable que esto sea una excepción en lugar de la regla. Habrá siempre un gran número de estructuras matemáticas sin su correspondiente modelos físico y habrá siempre situaciones físicas sin un apropiado modelo matemático. La búsqueda tiene que seguir ambas direcciones. La matemática para modelado tiene que estar motivada principalmente por el mundo que la rodea.
- (d) **El modelado matemático es un arte:** Requiere experiencia, visión general y capacidad de entendimiento. Enseñar este arte también es otro arte.

4. Complejidad:

- (a) **Realismo:** Un modelo matemático debería ser tan realista como sea posible y en consecuencia debería representar la realidad tan estrechamente como sea posible. Sin embargo, si un modelo es muy realista, no puede ser matemáticamente manejable. Al construir un modelo matemático, siempre habrá una situación de compromiso entre lo manejable que sea para resolverlo y su aproximación a la realidad.
- (b) **Restricciones de aditividad y normalidad:** Los modelos que son lineales, aditivo y en que la distribución de probabilidad sigue la ley normal son modelos relativamente más simples, pero en muchos casos los modelos más realistas tienen que ser liberados de estas restricciones.
- (c) **Jerarquía:** El modelado matemático no es un procedimiento simple. Los modelos deben ser mejorados constantemente para hacerlos más realistas. Así para cada situación, se obtiene una jerarquía de modelos, cada uno más realista que el precedente y cada uno probablemente seguido por otro mejor.
- (d) **Sobre-simplificación y modelos muy ambiciosos:** Se ha dicho que la matemática que es cierta no se refiere a la realidad y matemática que se refieren a la realidad no es cierta. Un modelo puede que no represente la realidad porque se simplificó demasiado. Un modelo también puede ser muy ambicioso en el sentido que puede involucrar demasiadas complicaciones y puede dar resultados exacto en diez lugares decimales, mientras que las observaciones sólo pueden ser correctas hasta dos lugares decimales.
- (e) **Complejidad:** Ésta puede aumentarse subdividiendo las variables, tomando más variables y considerando más detalles. El incremento en complejidad no siempre implica que mejoren las predicciones. El arte del modelado matemático consiste en detenerse antes de que esto ocurra.
- (f) **Los modelos pueden conducir a nuevos experimentos, nuevos conceptos y nuevas técnicas matemática:** La comparación entre las predicciones y las observaciones podría revelar la necesidad de realizar nuevos experimentos para recolectar más datos. Los modelos matemáticos también pueden conducir al desarrollo de nuevos conceptos. Si las técnicas matemáticas conocidas no son adecuadas para deducir resultados a partir del modelo matemático, nuevas técnicas matemáticas deben ser desarrolladas.

5. Ajuste:

- (a) **Precisión relativa:** Diferentes modelos varían en su precisión y en el ajuste entre sus predicciones y las observaciones.

6. Sensibilidad:

- (a) **Robustez:** Se dice que un modelo matemático es robusto si cambios pequeños en los parámetros llevan a los cambios pequeños en la conducta del modelo. Esta característica se cuantifica a través del análisis de sensibilidad de los modelos.

7. Predicción:

- (a) **Los modelos pueden conducir a predicciones esperadas o no esperadas e incluso a resultados sin sentido:** Usualmente los modelos dan predicciones esperadas

basadas en consideraciones de sentido común. Algunas veces ellos dan predicciones inesperadas e incluso pueden conducir a revelaciones o asunciones con profundo significado. A veces las predicciones de los modelos no concuerdan en absoluto con las observaciones y entonces estos modelos tienen que ser revisados drásticamente.

- (b) **El modelo no es bueno o malo; simplemente ajusta o no:** Los modelos pueden conducir a resultados matemáticos muy elegantes, pero sólo son aceptables los modelos que pueden explicar, predecir o controlar las situaciones. Un modelo también puede encajar muy bien una situación y puede ser completamente inútil en la resolución de otra situación.

8. Metodología:

- (a) **Modelado parcial a través de subsistemas:** Antes de hacer un modelo para un sistema completo, podría ser conveniente construir modelos parciales para los subsistemas, probar su validez y entonces integrar estos modelos parciales en un modelo completo. A veces los modelos existentes son combinados para construir modelos para sistemas más grandes. A menudo los modelos son unificados de manera tal que el modelo general incluya a los modelos para los subsistemas como casos especiales.
- (b) **Modelado en términos de módulos:** Al construir modelos como pequeños módulos y combinando éstos en diferentes formas se pueden obtener para una gran cantidad de sistemas.
- (c) **Nuevos modelos para simplificar los complicados modelos existentes:** Generalmente se comienza con modelos simples, se introducen cada vez más y más variables y funciones para hacer los modelos más realistas y más complicado y con el conocimiento general adicional obtenido, se debe poder de nuevo simplificar los modelos complejos.
- (d) **No-unicidad de los modelos:** En general una situación no tiene porque tener sólo un modelo matemático y la existencia de un modelo para él no debe inhibir la búsqueda de otros modelos que pudieran ser diferentes y mejores.

9. Identificación:

- (a) **Estimación de parámetros:** Cada modelo contiene algunos parámetros y éstos tienen que ser estimados. La estructura del modelo en muchos casos sugiere los experimentos, observaciones y métodos a emplear para determinar estos parámetros.. Sin esta especificación explícita, el modelo está incompleto.

10. Validación:

- (a) **Auto-consistencia:** Un modelo matemático involucra ecuaciones e inecuaciones y éstas deben ser consistentes, por ejemplo un modelo no puede tener ambos $x + y > a$ y $x + y < a$. Algunas veces la inconsistencia es el resultado de la inconsistencia de las asunciones básicas. La inconsistencia matemática es relativamente fácil de hallar, lo que permite extender sus métodos de evaluación de inconsistencia a otras ciencias como las sociales o biológicas.
- (b) **Aferrarse a un modelo puede bloquear la visión general:** Un modelo ayuda a pensar, pero también puede dirigir el pensamiento sólo hacia una región muy estrecha. A veces una visión general se obtiene rompiendo con los modelos tradicionales y diseñando otros completamente nuevos con nuevos conceptos.

- (c) **Los modelos inadecuados también son útiles:** Debido a que ellos obligan a detectar que aspectos significativos que pudieron haber sido despreciados o no tomados en cuenta inicialmente. Los fracasos pueden ser el preludio a los éxitos si se pueden encontrar las razones de estos fracasos.
- (d) **Los modelos rígidos no son convenientes:** Un modelo debe incluir la posibilidad de mejorar sobre la base de los datos experimentales y observaciones.
- (e) **Las imperfecciones de los modelos y el costo de modelar:** Ningún modelo es perfecto y cada modelo puede mejorarse. Sin embargo cada mejora puede costar tiempo y dinero. La mejora en un modelo debe justificar la inversión hecha en este proceso.
- (f) **Validación con datos independientes:** A veces los parámetros son estimados con la ayuda de algunos datos y los mismos datos son usados para validar al modelo. Esto es ilegítimo. Deben usarse datos independientes para validar al modelo.
- (g) **Ciclo de predicción-validación-iteración:** Un modelo matemático predice conclusiones que se comparan con las observaciones. Usualmente hay algunas discrepancias. Para eliminar estas diferencias, se debe mejorar el modelo, de nuevo se predice y de nuevo se intenta validar y la iteración se repite hasta que se obtiene un modelo satisfactorio.

Clasificación de los modelos matemáticos

Criterio	Tipo
Principio de formulación	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Fenomenológico} \\ \text{Balance de población} \\ \text{Modelos empíricos} \end{array} \right.$
Naturaleza del sistema	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Determinístico} \\ \text{Probabilístico o estocástico} \end{array} \right.$
Estructura del sistema	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Lineales} \\ \text{No lineales} \end{array} \right.$
Variación temporal	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Estáticos} \\ \text{Dinámicos} \end{array} \right.$
Variación espacial	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Parámetros concentrados} \\ \text{Parámetros distribuidos en 1, 2 y 3 dimensiones} \end{array} \right.$
Estructura matemática	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ecuaciones algebraicas: álgebra lineal y matrices.} \\ \text{Ecuaciones integrales.} \\ \text{Ecuaciones diferenciales ordinarias.} \\ \text{Ecuaciones diferenciales parciales.} \\ \text{Ecuaciones de diferencias.} \\ \text{Ecuaciones funcionales.} \\ \text{Gráficos y diagramas de flujo.} \\ \text{Programación matemática.} \\ \text{Cálculo de variaciones.} \\ \text{Principio máximo.} \end{array} \right.$
Sistema de representación	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Ecuaciones de estado (continuas y discretas)} \\ \text{Series de Fourier (funciones periódicas)} \end{array} \right. \\ \\ \text{Frecuencia} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Función de transferencia} \\ \text{Función de transferencia sinusoidal} \end{array} \right. \end{array} \right.$
Proposito	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Descripción.} \\ \text{Panorama o punto de vista.} \\ \text{Diseño.} \\ \text{Optimización.} \\ \text{Predicción.} \\ \text{Acción.} \\ \text{Control.} \end{array} \right.$
Número de Entradas/Salidas	$\left\{ \begin{array}{l} \text{SISO} \\ \text{MISO} \\ \text{SIMO} \\ \text{MIMO} \end{array} \right.$

Criterio: Principio de Formulación

Tipo	Principios de Formulación
Fenomenológico	{ Conservación de la materia Conservación de la cantidad de movimiento Conservación de la energía
Balance de población	{ Distribuciones de tiempo de residencia Otras distribuciones temporales (migración)
Modelos empíricos	{ Funciones de correlación Análisis estadístico Teoría de identificación de sistemas

Clasificación de los modelos fenomenológicos

Criterio	Tipo
Nivel de detalle	{ Atómico y molecular Microscópico Gradiente múltiple Gradiente máximo Macroscópico
Naturaleza del modelo	{ Determinístico Probabilístico o estocástico
Estructura del sistema	{ Lineales No lineales
Variación temporal	{ Estáticos o estacionarios Dinámicos
Variación espacial	{ Parámetros concentrados Parámetros distribuidos

Tipos de modelos fenomenológicos de acuerdo al nivel de detalle

<p style="text-align: center;">Atómico y molecular</p> <p>{ Entidades discretas o individuales Mecánica cuántica Mecánica estadística Teoría Cinética }</p>	<p style="text-align: center;">Parámetros</p> <p>{ Funciones de distribución Integrales de colisión }</p>
<p style="text-align: center;">Microscópico</p> <p>{ Sistema es continuo Fenómenos de transporte laminar Teoría estadística de la turbulencia }</p>	<p style="text-align: center;">Parámetros</p> <p>{ Coeficientes fenomenológicos Coeficientes de viscosidad Coeficientes de difusión Coeficientes de conducción }</p>
<p style="text-align: center;">Gradiente múltiple</p> <p>{ Fenómenos de transporte laminar Fenómenos de transporte turbulento Transporte en medios porosos }</p>	<p style="text-align: center;">Parámetros</p> <p>{ Coeficientes de transporte efectivo }</p>
<p style="text-align: center;">Gradiente máximo</p> <p>{ Fenómenos de transporte laminar Fenómenos de transporte turbulento Diseño de reactores }</p>	<p style="text-align: center;">Parámetros</p> <p>{ Coeficientes de transporte de interfase Constantes cinéticas Se suprimen los términos de difusión }</p>
<p style="text-align: center;">Macroscópico</p> <p>{ Ingeniería de procesos Operaciones unitarias básicas Termodinámica Cinética clásica }</p>	<p style="text-align: center;">Parámetros</p> <p>{ Coeficientes de transporte de interfase Constantes cinéticas macroscópicas Factores de fricción En general sólo el tiempo es la v. indep. }</p>

Modelos matemáticos de acuerdo al sistema de representación

Función de transferencia: Es una representación del proceso en el dominio de la frecuencia, se obtiene aplicando la transformada de Laplace a las ecuaciones diferenciales LIT que describen el sistema. Lo cual en general es útil sólo para sistemas de una entrada y una salida.

Función de transferencia sinusoidal: Es la función de transferencia evaluada en $s = j\omega$. Es usada para estudiar el efecto de las diferentes frecuencias de excitación sobre sistemas estables en estado estacionario ($t \rightarrow \infty$) una representación del proceso en el dominio de la frecuencia, se obtiene aplicando la transformada de Laplace a las ecuaciones diferenciales LIT que describen el sistema. Lo cual en general es útil sólo para sistemas de una entrada y una salida.

Ecuaciones de estado: Es una representación del proceso en el dominio del tiempo, se obtienen asignando estados a algunas de las variables dinámicas que describen el sistema. Es una herramienta relativamente moderna que permite el diseño de controladores para procesos no lineales y de múltiples entradas y múltiples salidas.

Series de Fourier: Es una representación de una función en el dominio del tiempo, generalmente se usan para representar funciones periódicas.

Bibliografía

KAPUR J.N.

Mathematical Modelling, John Wiley & Sons (biblioteca UNET: QA401, K36)

POSSO Fausto

Modelado de Procesos, Guía, ULA-Táchira.

Considere los siguientes problemas:

Hallar la altura de un edificio (sin subirlo!)

Hallar el ancho de un río o un canal (sin cruzarlo!)

Hallar la masa de la Tierra (sin usar una balanza!)

Hallar la temperatura de la superficie o el centro del Sol (sin llevar un termómetro hasta allí!)

Estimar la producción de trigo en India a partir de la cosecha en pie (sin cortarla y pesarla!)

Hallar el volumen de sangre dentro del cuerpo de una persona (sin desangrarlo hasta morir!)

Estime la población de China en el año 2020 D.C. (sin esperar hasta ese momento!)

Hallar el tiempo que le toma a un satélite a una altura de 10,000 km sobre la superficie de la Tierra para completar una órbita (sin haber enviado el satélite al espacio!)

Hallar el efecto que tendrá en la economía una reducción del 30% en el impuesto sobre la renta (sin hacer esa reducción realmente!)

Hallar el arma con el mejor funcionamiento, si el funcionamiento depende de diez parámetros de diseño y cada uno de ellos puede tomar 10 valores (sin tener que fabricar 10^{10} armas!)

Estimar la vida promedio de una producción de bombillos (sin encender cada bombillo y esperar hasta que se funda!)

Estimar la cantidad total de dinero que una compañía de seguros tiene que pagar el próximo año por concepto de siniestros automovilísticos (sin esperar hasta el fin del próximo año!)

Todos estos problemas y miles de problemas similares pueden ser y se han resuelto a través del planteamiento matemático.

El modelado matemático esencialmente consiste en convertir problemas del mundo real en problemas matemáticos, resolver los problemas matemáticos e interpretar esa solución en el lenguaje del mundo real.