

Este documento se cita como

Garcia-Sabater, Jose P. Maheut, Julien (2021)  
Introducción al Modelado Matemático. Nota Técnica  
RIUNET Repositorio UPV  
<http://hdl.handle.net/10251/158555>

## INTRODUCCIÓN AL MODELADO MATEMÁTICO

### Contenido

Introducción al Modelado .....	1
Introducción .....	2
Teorías y Modelos .....	2
¿Qué es un modelo? .....	2
¿Para qué sirve un modelo? .....	4
Aprender / Entender .....	4
Tomar decisiones .....	5
Implementar en un software .....	5
El cliente y el problema .....	6
El problema y el concepto de solución .....	7
Las diferentes caras de una herramienta/solución .....	8
Ciclo de vida de la construcción de modelos .....	9
Etapa 1: definir el problema.....	9
Etapa 2: modelar y construir la solución .....	10
Etapa 3: utilizar la solución.....	10
Algunos principios para tener éxito en el modelado.....	11
Los modelos han de ser simples, su análisis debe ser complejo .....	11
Ir paso a paso .....	11
Usar al máximo metáforas, analogías y similitudes .....	12
Los datos disponibles no deben conformar el modelo .....	12
Principio subyacente: modelar es explorar.....	13
BIBLIOGRAFÍA .....	13



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a  
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-  
CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático  
<http://hdl.handle.net/10251/158555>  
ROGLE - UPV

## INTRODUCCIÓN

La realidad es multiforme y difícil de capturar. Pese a ello, para tomar decisiones de manera racional es necesario conocer las posibilidades que se abren y el efecto de las mismas. Ese análisis se puede hacer a través de modelos que pueden ser más o menos simples.

El arte de crear modelos requiere experiencia y técnica. Además de un poco de filosofía de la que dice que los modelos siempre son representaciones de la realidad, que ésta existe, y que es percibida de modo diferente por diferentes actores en función de sus experiencias, necesidades y deseos....

El presente documento aborda algunos conceptos básicos de la técnica de modelado, como la definición de modelo o su utilidad y las diferentes interpretaciones de la palabra cliente, problema o solución.

Establece también el ciclo de vida en la construcción de modelos y algunos principios básicos que facilitarán alcanzar con éxito los objetivos del modelado.

## TEORÍAS Y MODELOS

(Shapiro, 2006) establece un conjunto de ideas que permiten diferenciar un modelo de “cosas” que no son modelos aunque lo parecen.

Los modelos son cuantitativos, analíticos, de alcance limitado, pueden ser validados, concretos.

Las teorías son cualitativas, intuitivas, de alcance ilimitado, no pueden ser validadas en su totalidad, son vagas en su definición.

## ¿QUÉ ES UN MODELO?

Una de las definiciones más simples de modelo es la propuesta por (Lee, 2016): *“Un modelo es una representación de la realidad”*

Advierten (Box and Draper, 1987) de una característica de los modelos:

*“Básicamente todos los modelos son erróneos, aunque algunos son útiles”*

Desgraciadamente el ser humano tiende a confundir el modelo con la realidad. En un proceso de metonimia, el ser humano tiende a crear modelos y tergiversar la realidad hasta que esta se adapta a ellos. Pero eso es un defecto de la mente humana, no del proceso de modelar.

(Pidd, 1997) propone la siguiente interesante definición:



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático

<http://hdl.handle.net/10251/158555>

ROGLE - UPV

*“Un modelo es una representación explícita y externa de parte de la realidad como la ven las personas que desean usar el modelo para entender, cambiar, gestionar y controlar dicha parte de la realidad”*

De esta definición se pueden extraer muchas reflexiones interesantes sobre los modelos y su uso en Investigación de Operaciones (*Operations Research [OR]*). Quizá la más relevante es que los modelos son representaciones (no son la realidad que, por cierto, se asume que existe) realizadas con un objetivo respecto a la realidad modelada.

Los modelos son explícitos, se construyen, se manejan y se modifican como tales. Y aunque no se debe confundir el modelo con la realidad, el modelo debe tener una imagen física sobre la que los diferentes actores puedan opinar.

Los modelos son externos. Mientras no tienen una representación externa respecto del modelador son simplemente una teoría mental del mismo. En esa presentación externa radica una de las grandes ventajas de los modelos: ponen negro sobre blanco los pensamientos, los datos, las hipótesis y las intuiciones.

Este esfuerzo es más que suficiente, en algunas ocasiones, para reconocer que no hay tal modelo, e incluso que la realidad aparentemente no era la observada sino un conjunto de pre-juicios, mal hilvanados en un relato que convence a los convencidos.

En la mayor parte de las ocasiones la mera representación explícita y externa de partes del modelo, permite a los actores del proceso tomar decisiones en beneficio del sistema que alteran sustancialmente el propio sistema modelado.

Los modelos los realizan los modeladores. Son su esfuerzo y su resultado.

En muchas ocasiones, al construir modelos, el modelador ha de atender comentarios que le obligan a incorporar uno u otro aspecto de la realidad. Entonces el modelador es otro. Si a un pintor le dijeran el color con el que ha de pintar una puesta de sol, no sería su puesta de sol sino la del observador impertinente.

Los modelos representan parte de la realidad.

Afortunadamente la realidad es siempre más compleja que cualquier modelo por sofisticado que este sea. El modelador discrimina qué aspectos son relevantes y cuáles no, en función del objetivo que pretende alcanzar.

La realidad representada se limita a ser la que quiere ver, manejar controlar o cambiar el que dirige el modelo.

En algunas ocasiones una empresa solicita un modelo a un consultor externo para poderlo utilizar internamente. Es uno de los caminos más adecuados para que el modelo no se pueda utilizar, pues siempre habrá matices que podrían haber sido representados de otra manera y que pueden entrar en conflicto con las expectativas de lo que tiene que hacer el modelo. Por otro lado, la visión de un espectador externo permite plantear



e incluso resolver conflictos que subyacían implícitamente en la versión que cada actor tenía de los hechos.

Los modelos, al representar externa y explícitamente parte de la realidad, permiten fundamentalmente entender. Una etapa bastante habitual en el ciclo de vida de un modelo exige, tras uno (o varios) intentos de modelado, cambiar de herramienta de modelado. Este paso (aunque nunca bien entendido) es natural, puesto que el mejor entendimiento del problema provoca cambios radicales en la percepción de la realidad y la supuesta problemática asociada.

La inteligencia de la realidad a través del modelo, permitirá asesorar sobre la oportunidad de cambios en la realidad modelada. Dichos cambios serán más adecuados cuantos más aspectos de la realidad se hayan podido modelar.

La gestión de la realidad a través de los modelos es un hábito común y necesario, aunque no percibido. La gestión financiera de una empresa es uno de los modos más extendidos de uso de un modelo (la contabilidad) sin una percepción clara del modelo utilizado (y en demasiadas ni siquiera de la realidad representada). Pero también el uso de las técnicas de Planificación de Requerimientos de Materiales (*Material Requirements Planning* [MRP]) en la gestión de materiales responde a la implementación informática de modelos en función de los cuales se toman decisiones. Incluso la implementación informática es en ocasiones inadecuada porque no se conocía suficientemente bien la realidad (o lo que es peor, el modelo que lo representaba).

Por último, aunque es probablemente una de las ventajas más relevantes, de abordar un problema mediante su modelado, el modelo permite controlar. El modelo permite anticipar resultados, permite establecer referencias en función de las cuales medir o controlar el rendimiento de un sistema. Con las evidentes implicaciones que esto tiene en el control y mejora de los procesos.

## ¿PARA QUÉ SIRVE UN MODELO?

En atención a lo anterior se pueden definir tres ámbitos de utilidad de los modelos en la Investigación de operaciones:

- Aprender / Entender
- Tomar decisiones
- Implementar en un ordenador

## APRENDER / ENTENDER

La experiencia demuestra que el principal beneficio en la generación de un modelo es el entendimiento que el modelador adquiere del comportamiento de la realidad. Puede ocurrir que, una vez finalizado el modelo, los objetivos perseguidos inicialmente se hayan alcanzado sin hacer ningún tipo de acción o experimento.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático

<http://hdl.handle.net/10251/158555>

ROGLE - UPV

Modelar como proceso suele tener más valor que el modelo en sí mismo

Es habitual que para desarrollar un modelo se tenga que acceder a información a la que nunca se le habría prestado atención, y el mero acceso a la información reduce la incertidumbre, resolviendo el problema. Asimismo, es común que la generación de modelo haga aparecer datos “reales y contradictorios” entre diferentes elementos de la realidad.

Construido el modelo, se puede utilizar su ejecución para conocer cómo actúa el sistema y cómo reacciona a los cambios. Es, por ejemplo, el caso de los “simuladores de vuelo” utilizados para el entrenamiento de los futuros pilotos.

Además, el modelo, como representación externa y explícita, permite conocer errores y fundamentalmente (de)mostrarlos. En ese caso el responsable del error puede reconocer su aportación sin que nadie tenga que “decírselo a la cara” pues lo reconoce a través de una herramienta objetiva.

Por último, aunque no menos importante, dentro de este epígrafe, se puede destacar la utilidad de los modelos como base de discusión. Si el modelo representa la realidad, los gestores de ésta podrán probar las ventajas de sus opiniones sobre el modelo, centrando de este modo la discusión hacia aspectos realizables y productivos.

## TOMAR DECISIONES

Los modelos construidos permiten mediante su resolución ayudar a la toma de decisiones generando soluciones óptimas, o suficientemente cercanas al óptimo, dado un objetivo establecido.

Asimismo, pueden ser utilizados para evaluar el impacto de tomar decisiones, antes de tomarlas, y de este modo elegir la que más se ajuste a la solución.

Pero, además, desarrollar el modelo, ejecutarlo y analizar las soluciones permite objetivar el proceso de análisis, permite “pintar una realidad” que todos tienen que aceptar, o aportar datos que mejoren el modelo. De este modo, al objetivar el proceso de análisis, los participantes en el proceso de toma de decisiones entran en una dinámica de objetivación y aporte de datos, que simplifica y favorece el propio proceso y su resultado.

## IMPLEMENTAR EN UN SOFTWARE

La aparición de los ordenadores dio a la investigación de operaciones el impulso definitivo. La implementación y automatización de procesos exige el modelado previo del problema planteado.

Si se desea gestionar la información que genera una empresa, o implementar un sistema de gestión de recursos humanos es necesario realizar un modelo de dicha empresa que comprenda de la manera más eficiente posible toda la información vinculada. Cuanto



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a  
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-  
CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático

<http://hdl.handle.net/10251/158555>

ROGLE - UPV

más general sea el modelo, mayor será la cantidad de empresas a las que se las podrá aplicar el mismo programa (*software*).

Del mismo modo la utilidad de los modelos de programación de producción viene justificada, en gran medida, por la capacidad de éstos de ser implementados y resueltos mediante sistemas informáticos que puedan automatizar el proceso de toma de decisión.

## EL CLIENTE Y EL PROBLEMA

En general el cliente no conoce suficientemente bien su problema ni su origen (tanto el que solicita un modelado como el que no lo solicita). Dado que el cliente vive en el problema, es obvio que de conocerlo sabría qué solución implementar, y por tanto el problema ya habría sido resuelto.

Por el mismo hecho de solicitar ayuda (hay muchos modos de solicitar ayuda) está explicitando de otra manera el problema, porque en muchas ocasiones ser capaz de explicitar el problema es hacer evidente una solución, y es cuando el consultor externo ha ido para nada.

En general, también, se puede afirmar que el cliente tiene una “nebulosa” sobre un problema a la que damos una cierta forma con la construcción del modelo. Es por ello que muchos problemas de organización industrial

*“no se resuelven sino que se disuelven”.*

Pero además, en un problema de organización industrial, el número de actores implicados en un problema es en general alto y con perfiles muy diferenciados entre sí. En la mayor parte de las ocasiones el conocimiento sobre el problema real y sus circunstancias, es escaso. Y aún más escaso es el conocimiento sobre las herramientas para resolver dicho problema. Y ese desconocimiento sobre la herramienta es un factor a tener en cuenta porque permite “vender” la solución, pero impide la “compra”.

En la peor de las situaciones el cliente, tras preguntarle a muchos externos, ha ido construyendo su propia solución en la mente, y ahora quiere alguien que transfiera su “teoría” en un “modelo” que se pueda implementar.

Sin ánimo de ser exhaustivo se pueden identificar al menos 4 tipos de implicados en la generación de una solución:

- **El Pagano:** Quizá es el principal de los actores. Es el que paga el análisis, el desarrollo y la puesta en marcha de la solución.
- **El Usuario:** Es el conjunto de personas cuya “vida se verá mejorada” por la solución y resolución del problema. Nunca hay que olvidar que el concepto de “vida mejor” es también relativo.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático

<http://hdl.handle.net/10251/158555>

ROGLE - UPV

- **El Sufridor:** Toda aproximación tiene siempre uno o varios sufridores. Son aquellos que se verán afectada su vida por la modificación de su “entorno” y es imposible a priori para alguien que no sea ellos mismos (e incluso para ellos mismos) saber hasta qué punto su calidad de vida empeorará por la resolución del problema.
- **El Prescriptor:** Existe una tipología de cliente que recibe el nombre de prescriptor. En principio este personaje (básico en el funcionamiento de la economía moderna) no gana nada con una resolución adecuada del problema, pero pierde en el caso de que (como esperan los sufridores) la solución no sea finalmente adoptada.

## EL PROBLEMA Y EL CONCEPTO DE SOLUCIÓN

A partir de la descripción del problema, es posible generar información que podrá ser capturada en forma de datos. Dichos datos son analizables de tal modo que generan unos datos conocidos como variables de salida. Por lo general, esos datos son inútiles salvo que se transformen en información, y sólo ésta última puede ayudar a resolver el problema.

La palabra solución tiene demasiados significados y es conveniente tratar algunos de ellos aquí.

De modo general una solución es el efecto de “resolver o dar por terminado algo”. Así que la solución de un problema hace que este desaparezca. Es en este sentido en el que antes se ha indicado que la mayor parte de los problemas de organización industrial se disuelven por el mero hecho de modelar.

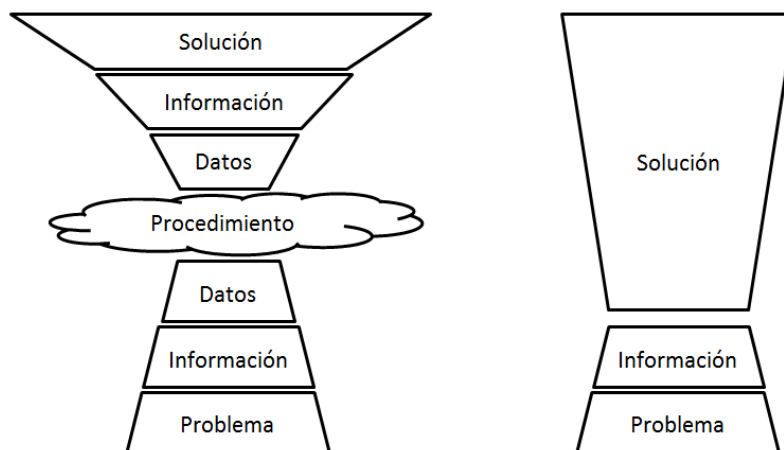


Imagen 1.1. De la definición del problema a la solución y vice-versa como proceso de resolución

En matemáticas (y este es un libro de investigación operativa) la solución tiene otra definición. Una solución es un conjunto de valores posibles que adoptan las incógnitas (bonita palabra que ha sido sustituida por variable -con todo lo que eso implica- y que



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático  
<http://hdl.handle.net/10251/158555>  
ROGLE - UPV

en inglés es un más evidente *unknown*). Así solucionar un problema expresado de modo matemático es asignar valores a las incógnitas de manera que su combinación sea factible.

En determinados ambientes la palabra solución se encuentra demasiado asociada a la palabra “óptima”. Una solución óptima es la que es mejor que todas las demás y además se puede demostrar.

Existen ambientes aún más degradados (que los autores recomiendan no frecuentar excesivamente) dónde se utiliza con total impunidad la expresión “una solución más óptima”. Los autores de este libro consideran que la palabra optimizar no se debe utilizar en vano, y aunque no es necesaria la pena de cárcel para quien quiere una solución “más óptima” si debería ser escarmentado en plaza pública o al menos seguir un programa de reinserción.

Por otro lado, aunque algunos investigadores consideran que si no es óptimo no es solución, los ingenieros suelen pensar que cuando la solución se ha de implementar la optimalidad no es el único criterio a considerar al definir un método para alcanzar la solución.

Para acabarlo de complicar en los últimos años, se ha extendido el uso del concepto de “solución informática”.

Algo así como “conozco tu problema, olvídate de todo que yo me ocupo con informática”. Algunos de los modelos de programación matemática que en este libro se aprende a desarrollar, podrían formar parte del núcleo de una solución. Aunque el usuario final se asustaría de conocer que unas fórmulas que optimizan una solución forman parte de su día a día.

En la peor (y más habitual de las situaciones) los problemas se resuelven con un programa informático generosamente regado de dinero, que finalmente no resuelve el problema, aunque genera otros muchos para despistar.

Así pues, existen tres significados para la palabra solución vinculados al modelado en investigación de operaciones:

- Solución del problema como disolución (desaparición) del mismo.
- Solución es el software que generará información a partir de los datos disponibles.
- Solución es el conjunto de valores que adoptan las incógnitas.

## LAS DIFERENTES CARAS DE UNA HERRAMIENTA/SOLUCIÓN

Como se ha indicado describir la realidad puede ser un modo de resolver el problema.

Si eso no es suficiente habrá que utilizar herramientas que se integran dentro de cualquier sistema y que siempre exigen un modelado matemático (esto es una



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático

<http://hdl.handle.net/10251/158555>

ROGLE - UPV



conversión del problema en una representación de valores numéricos relacionados entre sí)

- Herramientas de pre-proceso de datos. A partir de los datos disponibles convertirlos en datos que puedan ser utilizados.
- Herramientas de resolución. A partir de los datos generar valores para las incógnitas.
- Herramientas de evaluación. A partir de un juego de valores de las incógnitas tratar de establecer cual es la calidad de ese juego. Al menos para poder comparar con otros.
- Herramientas de presentación de resultados. Los valores de las incógnitas implican decisiones, dichas decisiones deben ser interpretadas por quien (o lo que) vaya a tomar la decisión.

Y evidentemente, todas estas herramientas deben estar combinadas de tal modo que parezcan una en su complejidad, porque nadie va a pagar por un conjunto disperso de herramientas que parecen más complejas que el propio problema (por cierto que lo parecen porque lo son).

## CICLO DE VIDA DE LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS

Afortunadamente no existe un método idóneo, único y estructurado para construir un modelo perfecto de modo directo. Pero e puede decir que en la definición de cualquier modelo hay tres etapas o hitos básicos que se concretan en:

### ▪ Etapa 1. Definir el problema

Esta fase incluye entender el problema y acordar con el cliente los resultados a obtener.

### ▪ Etapa 2. Modelar y construir la solución

Esta fase incluye definir el tipo de técnica a utilizar, generar el modelo (implementarlo informáticamente si es el caso) y por último validarlo.

### ▪ Etapa 3. Utilizar la solución

Un modelo “perfecto” que no se utilice es un modelo perfectamente inútil. Ser capaz de implementar el modelo de tal manera que el cliente lo utilice, y mantener un sistema de actualización son los dos elementos básicos de esta fase.

Cualquiera de las etapas citadas exige replantearse siempre la vuelta al principio del proceso. La mejor comprensión de la realidad puede llevar a cambiar la técnica a utilizar para alcanzar el objetivo propuesto.

## ETAPA 1: DEFINIR EL PROBLEMA

La definición del problema tiene dos etapas fundamentales:

### ▪ Etapa 1-1. Estructurar el problema



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático

<http://hdl.handle.net/10251/158555>

ROGLE - UPV

Hay que estructurar el problema para entenderlo. Cualquier herramienta es buena, siempre que responda a la pregunta ¿qué se pretende con el proceso? En ocasiones con esta etapa el problema a resolver queda resuelto. Pero en general también ocurre que la idea originariamente no era el problema real.

- Etapa 1-2. Acordar con el cliente los resultados a obtener

No significa necesariamente que el cliente deba definir el resultado concreto del trabajo. Pero es interesante conocer si pretende una respuesta del tipo booleana “sí o no” o una hoja Excel sobre la que probar alternativas de decisión, o un software que tome decisiones de modo autónomo.

## ETAPA 2: MODELAR Y CONSTRUIR LA SOLUCIÓN

El propio proceso de modelo debe seguir tres etapas fundamentales y cronológicamente ordenadas.

- Etapa 2-1. Definir el tipo de técnica

La decisión del tipo de técnica que mejor se ajusta al problema puede ser revocada en cualquier instante, pero da por perdido todo el trabajo anterior. Esto incluye el análisis de datos disponibles y resultados requeridos.

- Etapa 2-2. Generar el modelo

Esta etapa incluye estimar los parámetros para modelar o calcular resultados, además de dar forma física al modelo. En este punto es de destacar la aplicación del principio “Ir paso a paso”. Esto implica abordar escalonadamente los diferentes aspectos de la realidad que se pretenden modelar.

- Etapa 2-3. Validar el modelo

Decidir si el modelo vale para algo, si se puede usar y si el cliente lo encontrará aceptable. Fundamentalmente esta fase exige comprobar que se comporta como se pretendía que se comportara.

## ETAPA 3: UTILIZAR LA SOLUCIÓN

Una vez que un modelo está validado, los pasos siguientes consisten en:

- Etapa 3-1. Implementar el modelo

Trabajar con el cliente para poder extraer los máximos beneficios del trabajo realizado.

- Etapa 3-2. Actualizar el modelo

Es evidente que la realidad es cambiante, por ello el modelo debe adaptarse a las nuevas circunstancias de manera continua si se pretende que siga teniendo utilidad.



## ALGUNOS PRINCIPIOS PARA TENER ÉXITO EN EL MODELADO

Aunque como se verá posteriormente existen múltiples tipos de modelos (y por tanto de procesos de modelado) se pueden extraer algunos principios generales útiles en cualquier caso:

- Los modelos han de ser simples, su análisis debe ser complejo
- Los modelos se deben elaborar paso a paso
- Es siempre útil usar metáforas, analogías y similitudes para hacer el modelado
- Los datos disponibles no deben conformar el modelo
- Modelar es explorar

## LOS MODELOS HAN DE SER SIMPLES, SU ANÁLISIS DEBE SER COMPLEJO

Al modelar se puede tener la tendencia de trasladar toda la complejidad de la realidad al modelo.

Esto, aunque suele agradar al que “mira” el modelo, no es útil para quien lo debe utilizar por dos motivos: un modelo de este tipo es difícil de construir y también es difícil de utilizar.

Antes de comenzar el proceso de modelado se debería responder a la pregunta: “¿para qué quiero y necesito el modelo?” de un modo concreto. De este modo se puede garantizar que para hacer un “simulador de coches”, no se pierde tiempo modelando el funcionamiento del turbo cuando lo que se pretende es hacer una herramienta para comprender el funcionamiento de los tapones de tráfico.

## IR PASO A PASO

Es habitual observar que se pretende construir un modelo considerando todos los aspectos simultáneamente desde el principio. Los pintores primero hacen bocetos. La ciencia avanza paso a paso. Los modelos, si pretenden estar dentro de ella, también deben ser elaborados paso a paso.

Un corolario de este principio exige “Dividir para Vencer”. Empezar generando pequeños modelos de una parte reducida y determinada del proceso para aumentar su ámbito (*scope*) gradualmente.

De este principio se deriva que la estrategia recomendable es evitar tener todos los aspectos en cuenta desde el principio. El proceso de modelado puede comenzar aislando una pequeña parte y realizando un modelo detallado, que permita su reproducción en otras secciones. También se puede realizar al principio un modelo muy general, e ir mejorando etapa a etapa la exactitud del mismo.



## USAR AL MÁXIMO METÁFORAS, ANALOGÍAS Y SIMILITUDES

Un buen modelador, más que quedar “restringido” por la realidad tal y como la percibe a primera vista, la aborda e incluso la modela desde puntos de vista alternativos que le pueden dar una imagen con otro nivel de detalle, o incluso le facilita herramientas que ya han sido utilizadas en casos similares.

El abandonar de modo explícito la realidad puede simplificar el problema o puede permitir representarlo de un modo más sencillo.

Cualquier plano de metro de cualquier ciudad no representa cada línea y cada estación tal cual son, sino que una mediante líneas, los puntos, que representan estaciones, que en casi ningún caso pueden superponerse sobre un plano detallado y proporcional de la ciudad. La representación exacta de la realidad incrementaría la dificultad en la lectura de dichos planos.

Un ejemplo sencillo puede servir para ejemplificarlo. El problema de secuenciación de unidades en una línea multimodelo (planteado en (Monden, 1983)) persigue la regularidad en la aparición de opciones (*Heijunka*). En su versión PRV (regularidad en la aparición de productos) se puede abordar heurísticamente mediante técnicas de reparto de escaños como la denominada Ley D’Hont. (Bautista, Companys and Corominas, 1996) Una vez dado ese paso, (el de la comprobación de similitudes) el modelador dispondrá de algoritmos y resultados que fueron desarrollados a finales del siglo XVIII para resolver un problema de las postrimerías del siglo XX.

## LOS DATOS DISPONIBLES NO DEBEN CONFORMAR EL MODELO

Un fallo común a la hora de plantear un modelo es retrasar el comienzo del modelado hasta que se disponga de los datos. El planteamiento debe ser el contrario. El modelo debe requerir datos, no los datos conformar el modelo.

El analista debe desarrollar las líneas básicas sobre el modelo y una vez hecho esto, debiera definirse la estructura de datos necesarios. Si hubiera tiempo lo lógico sería que a la luz de estos resultados preliminares se redefiniera el modelo y por tanto los datos necesarios, y así sucesivamente.

Se pueden distinguir tres conjuntos básicos de datos necesarios para crear y validar un modelo:

- Datos que aportan información preliminar y contextual. Permitirán generar el modelo.
- Datos que se recogen para definir el modelo. Estos datos nos permitirán parametrizar el modelo.
- Datos que permiten evaluar la bondad del modelo.



Hay que destacar la importancia de que los datos del segundo y el tercer tipo sean distintos, porque en caso contrario el modelo realmente no se habrá validado.

Una última recomendación respecto a los datos es evitar aquellos que ya están recogidos. Sirva el siguiente clásico ejemplo como ilustración:

*“Para desarrollar un modelo para la programación de producción puede ser necesario desarrollar submodelos de demandas de los clientes para los productos fabricados. La mayor parte de las empresas guardan esta información en sistemas.*

*El modo rápido de recoger la información de la demanda es acudir a los sistemas informáticos que se usan para introducir órdenes y enviar facturas. Pero no es conveniente tomar ese camino tan evidente. Los sistemas sólo recogen lo que se vende, no lo que el cliente quiere. Las ventas muchas veces simplemente son un reflejo indirecto del stock disponible, pues se obliga al cliente a comprar lo que existe.”*

## PRINCIPIO SUBYACENTE: MODELAR ES EXPLORAR

Dado que un modelo es el resultado de representar objetivamente parte de la realidad para tomar decisiones, implementar o entender, se podría pensar que el proceso de modelar es un proceso lineal.

Sin embargo, la experiencia muestra que en el proceso de modelar hay muchas vueltas atrás, cambios de dirección o cambios de perspectiva, incluso es bastante habitual que haya cambios de herramientas.

Modelar es explorar la realidad, y en especial la realidad desconocida. Por ello siempre aplica el siguiente corolario de la ley de Murphy:

“Si se consigue que el modelo funcione a la primera, es que se ha errado el problema”.

## MODOS DE MODELAR MATEMÁTICAMENTE

Bajo diferentes nombres se esconden técnicas más o menos sofisticadas de representar lo que llamamos realidad a través de matemáticas.

Bajo el confuso nombre de programación matemática (en sus diferentes formas: lineal y no lineal, entera, binaria, estocástica...) es sólo una de ellas. Y no es la única programación, también la dinámica lo es.

La optimización combinatoria engloba un conjunto de herramientas que se basan en modos de modelar.

Con el nombre de teorías encontramos otros modos de modelar matemáticamente: Teoría de Decisión, de Juegos, de Grafos y de Colas encontramos.

Pero además otras técnicas como la previsión, la simulación, la dinámica de sistemas.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático

<http://hdl.handle.net/10251/158555>

ROGLE - UPV

## BIBLIOGRAFÍA

Bautista, J., Companys, R. and Corominas, A. (1996) 'A note on the relation between the product rate variation (PRV) problem and the apportionment problem', *Journal of the Operational Research Society*, 47(11), pp. 1410–1414.

Box, G. E. P. and Draper, N. R. (1987) *Empirical model-building and response surfaces*. John Wiley & Sons.

Lee, C. (2016) *Models in planning: an introduction to the use of quantitative models in planning*. Elsevier.

Monden, Y. (1983) 'Toyota production system', *An Integrated Approach to Just-In-Time*.

Pidd, M. (1997) 'Tools for thinking—Modelling in management science', *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), p. 1150.

Shapiro, J. (2006) *Modeling the supply chain*. Nelson Education.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a  
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-  
CompartirIgual 3.0 Unported License.

Introducción al Modelado Matemático

<http://hdl.handle.net/10251/158555>

ROGLE - UPV