

Construcción de un modelo

Diagrama de Fluxos

El Diagrama de Fluxos, también denominado Diagrama de Forrester, es el diagrama característico de la Dinámica de Sistemas. **Es una traducción del Diagrama Causal a una terminología que permite la escritura de las ecuaciones en el ordenador** para así poder validar el modelo, observar la evolución temporal de las variables y hacer análisis de sensibilidad.

No hay unas reglas precisas de como hacer esta transformación, pero si hay alguna forma de abordar este proceso. **Pasos a seguir:**

1º. Hacer una fotografía mental al sistema y lo que salga en ella (personas, km2, litros, animales,...) eso son **Niveles**.

2º. Buscar o crear unos elementos que sean "la variación de los Niveles", (personas/día, litros/hora, ...) y esos son los **Flujos**.

3º. El resto de elementos son las **Variables Auxiliares**.

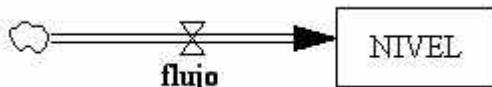
Como regla general esto sirve para empezar. Después ya se pueden ir haciendo retoques, y así los Niveles que vayan a permanecer constantes (m^2 de la habitación) en vez de definirlos como Niveles se pueden definir como variables auxiliares tipo constante que es más sencillo. Este es todo el procedimiento. Ahora veremos con más detalle como se representan estos elementos.

Los "Niveles" son aquellos elementos que nos muestran en cada instante la situación del modelo, presentan una acumulación y varían solo en función de otros elementos denominados "flujos". Las "nubes" dentro del diagrama de fluxos son niveles de contenido inagotable. Los niveles se representan por un rectángulo.



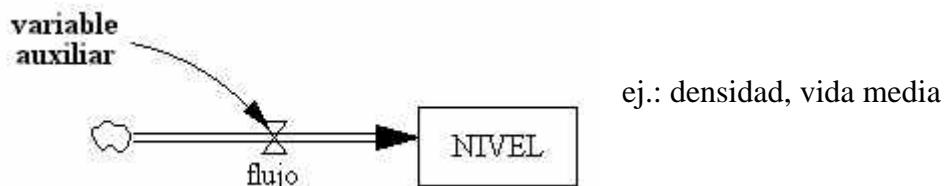
ejemplos.: personas, km2, litros,...

Los "flujos" son elementos que pueden definirse como funciones temporales. Puede decirse que recogen las acciones resultantes de las decisiones tomadas en el sistema, determinando las variaciones de los niveles.



ejemplos.: personas/día, km2/año,...

Las "variables auxiliares" y las "constantes", son parámetros que permiten una visualización mejor de los aspectos que condicionan el comportamiento de los flujos.

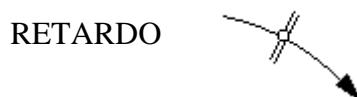


Las magnitudes físicas entre flujos y niveles se transmiten a través de los denominados "canales materiales". Por otra parte existen los llamados "canales de información", que transmiten, como su nombre indica, informaciones que por su naturaleza no se conservan.



Por último queda por definir los "retardos", que son funciones que simulan los retrasos que se producen en la transmisión de materiales o informaciones. En los sistemas sociales y económicos son frecuentes los retrasos, y éstos tienen gran importancia en el comportamiento del sistema.

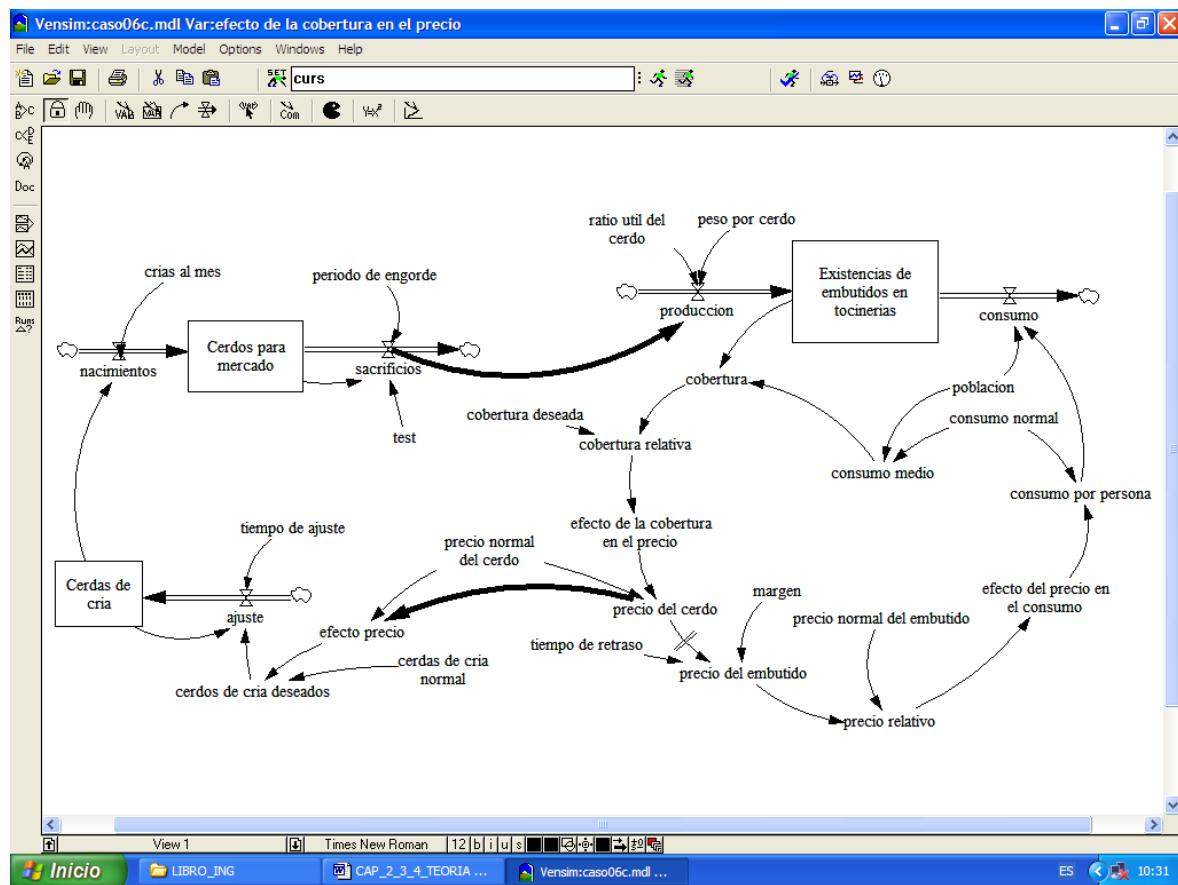
Para simular los retrasos de material se utilizan las funciones DELAY1 y SMOOTH, para los de información se utilizan DELAY3 y SMOOTH3. Estas funciones reproducen retrasos de primer y de tercer orden. Los de primer orden frente a una entrada escalón (el cambio brusco del valor de una variable), responderán con una curva exponencialmente asintótica, mientras que un retraso de tercer orden genera una curva sigmoidal (en forma de S inclinada). En cierta forma los retardos de actúan como amortiguadores de las variables. Existe una explicación detallada de los retardos en el Anexo 3. Funciones, tablas y retrasos.



Simulación en ordenador

En esta etapa se escriben las instrucciones, léase Ecuaciones, concisas para que el ordenador interprete nuestra visión del sistema.

Existen en el mercado diferentes paquetes de software, utilizables en PC's, que no requieren conocimientos informáticos para su utilización y que se adaptan bastante bien a las necesidades de los usuarios, sean estudiantes, profesionales, etc. Los lenguajes o marcas más utilizadas son (por orden alfabético) DYNAMO, ITHINK, POWERSIM, STELA y VENSIM.



En esta fase hay que dar valores numéricos a las Constante y las Variables Auxiliares del sistema. Es este uno de los muchos aspectos que diferencian a la Dinámica de Sistemas de la mayor parte de los métodos tradicionales de modelización. Así, por ejemplo, en econometría, una gran parte del esfuerzo total de la investigación se dedica a determinar de manera precisa el valor de los parámetros que caracterizan al sistema objeto de estudio. En Dinámica de Sistemas, los parámetros se calculan con un grado de aproximación tal que permita que el modelo cumpla su propósito.

Por otra parte, y esto es importante, nuestro propósito es modificar el estado del sistema porque existe un problema que estamos analizando. Por este motivo la historia pasada sólo es un punto de referencia ya que no existe historia para el nuevo sistema que vamos a diseñar como transformación del anterior. Es decir, los datos históricos son muy importantes cuando abordamos un sistema que no queremos o no podemos transformar, como por ejemplo en la previsión meteorológica, pero ese no es nuestro caso. Nosotros queremos transformar el sistema, y cuando lo hacemos la serie histórica no tiene continuidad.

Se puede partir de unos valores aproximados fin de obtener una primera idea del comportamiento del modelo. Más tarde, mediante los análisis de sensibilidad se podrá identificar al relativamente pequeño conjunto de parámetros cuyos valores alteran significativamente el comportamiento del modelo o las respuestas del mismo a diferentes políticas. De esta forma, descubriremos aquellos parámetros que conviene calcular de un modo más exacto. Son obvias las ventajas en cuando a ahorro de esfuerzo y tiempo que este método supone.

Comportamiento del modelo

Una vez introducidas las ecuaciones en el ordenador podemos obtener como salida la evolución en el tiempo de los parámetros que le hayamos indicado.

También podemos efectuar una comparación del comportamiento del modelo y la realidad, ya que la salida facilitada por el modelo nos permite ver la certeza de nuestras hipótesis y, en base a la diferencia entre el modelo y la realidad, se impone reconsiderar las hipótesis iniciales y hacer los ajustes al modelo que sean necesarios.

Un sistema dinámico posee diferentes aspectos que son susceptibles de ser sometidos a evaluación, tales como:

- Su capacidad para reproducir los datos históricos del sistema modelizado bajo condiciones normales y extremas.
- La aceptabilidad de las suposiciones hechas al definir el modelo.
- La plausibilidad de los valores numéricos adoptados para los parámetros.

Por supuesto, el primer criterio sólo tendrá importancia cuando se verifiquen también los demás, pues existirán infinitos modelos capaces de reproducir adecuadamente los datos históricos del sistema sin estar relacionados con los mecanismos que forman la estructura del mismo.

El juicio sobre la forma en que un modelo satisface los criterios anteriores no debe restringirse a la consideración de la información cuantitativa disponible ya que la mayor parte de los conocimientos relevantes sobre los sistemas sociales están en forma cualitativa, en manos de expertos en el campo que nos movemos. No debemos olvidar que un modelo que satisfaga los diferentes test de evaluación no es una descripción incontestable de la realidad ni el único modelo.

Partiendo de unas determinadas condiciones iniciales, se determinarán las evoluciones de las distintas variables del modelo durante el horizonte temporal elegido para la evaluación, registrándose dichas evoluciones mediante gráficos. La comparación de estos gráficos con sus correspondientes datos históricos servirá para comprobar si se satisfacen las características principales del comportamiento real.

A la vista de esta evaluación se pasará a perfeccionar el modelo, corrigiendo los defectos observados e introduciendo las mejoras que se consideren convenientes. Con esta reformulación del modelo se procederá a una nueva simulación con el mismo y un posterior análisis y evaluación, siguiendo este proceso hasta que se considere que el modelo creado satisface suficientemente los objetivos fijados, o bien que el fruto resultante de las modificaciones que pudiésemos introducir no compensarían el esfuerzo realizado.

La primera simulación se hace, según dijimos, utilizando unos valores de parámetros y condiciones iniciales que no tienen porqué ser exactos. A veces, en ausencia de datos, estos valores se basarán en las opiniones de expertos en el campo del sistema estudiado, lo cual hará que no sean excesivamente rigurosos, pero con mucha frecuencia igualmente útiles.

Análisis del sistema

Por último una vez que el modelo ofrezca una salida coherente con el pasado y la situación actual, podremos simular el impacto de las políticas o decisiones que nos llevarán a la solución del problema planteado.

También se pueden localizar los Factores Clave (leverage-points o puntos-palanca) mediante análisis de sensibilidad.

El modelo final ha de ser relativamente simple, de forma que habrá que proceder a crear los agregados necesarios y realizar las simplificaciones posibles al objeto de que el modelo resultante sea comprensible para los receptores del modelo y manejable para los que han de utilizarlo. Además del elevado esfuerzo y tiempo que requiere la obtención de un modelo complejo este puede ser tan complicado como la realidad que representa, dificultando la comunicación y prestando muy poca ayuda a la solución del problema planteado.

Es conveniente aclarar que, a pesar de que un modelo de Dinámica de Sistemas tiene la apariencia de un complejo conjunto de ecuaciones matemáticas que puede hacer pensar en la posibilidad de una perfecta previsión del futuro, no es esto lo que se persigue sino, más bien, aumentar nuestro conocimiento acerca del sistema estudiado así como crear un instrumento útil para el análisis de políticas, las cuales deberán ser juzgadas a partir de las tendencias globales que generan.

Esta diferencia entre apariencia del modelo y la intención del mismo suele falsear la opinión del que lo utiliza, el cual piensa con frecuencia que dispone de un instrumento distinto al que posee en realidad. Esta posibilidad se reduce cuando el modelo es contemplado como lo que es en realidad: **la representación explícita de un modelo mental**. Dicha percepción se facilita si el creador del modelo reduce al mínimo la utilización de símbolos inaccesibles, si las ecuaciones matemáticas son aclaradas por gráficos fácilmente comprensibles por los no especialistas, y son acompañadas de una justificación consistente. En una palabra, si una de las premisas en la creación del modelo es su transparencia.

Por otra parte, deben quedar claras las limitaciones del modelo, especialmente cuando es usado con fines de previsión de impactos que diferentes políticas tendrían sobre el sistema. No debemos olvidar que la evolución obtenida del comportamiento del modelo se basa en unas ciertas hipótesis sobre la estructura actual del sistema y de las circunstancias que forman su entorno. Por tanto, las conclusiones extraídas serán válidas, supuesto el modelo aceptable en el momento actual, siempre que no cambie la estructura fundamental del sistema o las circunstancias exteriores que pueden influir en sus partes sensibles.

Así pues, para que un modelo continúe siendo útil a través del tiempo se hace necesaria su revisión periódica. Se podrán introducir así alteraciones significativas que se hayan producido en el sistema representado por el modelo.

Otro factor a considerar es la dosis de subjetividad que implica el empleo de modelos. En el caso particular de la Dinámica de Sistemas, la creación del Diagrama Causal representativo de las diferentes interacciones entre las variables es una de las etapas más subjetivas, pero no es la única. Así también puede existir subjetividad a la hora de cuantificar y utilizar los datos disponibles, al interpretar los resultados, etc. La subjetividad que entraña el proceso de modelización no es en realidad un factor negativo, ya que es imposible estudiar un sistema social de manera absolutamente objetiva.

Cuestionario de control

DAIGRAMA CAUSAL

a. Indicar ejemplos de **RELACIONES CAUSALES**, indicando si son positivas o negativas. Por ejemplo: A mayor cantidad de lluvia cayendo ... mayor proporción de gente con paraguas (positiva).

Respuesta:

b. Indicar ejemplos de **BUCLES**, los cuales se forman cuando existe un "circuito cerrado" entre dos o mas elementos de un sistema. Por ejemplo: Cuanto mas calor tienes menos ropa te pones (negativo), y cuanta mas ropa te pones mas calor tienes (positivo).

Respuesta:

DIAGRAMA DE FLUJOS

c. Indicar ejemplos de **NIVELES** son aquellos elementos en los que se produce una acumulación, como por ejemplo: personas, perros, libros, experiencia, etc.

Respuesta:

d. Indicar ejemplos de **FLUJOS** que son aquellos elementos que hacen variar los Niveles, y sus unidades siempre tienen una componente temporal, como litros/año, personas/hora, etc. Atención: NO SON Flujos los ratios, como personas/hectárea o precio/kilo.

Respuesta:

e. Indicar ejemplos de **VARIABLES AUXILIARES**, que son todos los elementos que no son Niveles ni Flujos, como el precio del kilo de pan, densidad de animales por acre.

Respuesta: