

## 7 Funciones y errores durante la simulación

El modelo de población presentado en un capítulo previo es un modelo simple que usa solamente multiplicaciones y divisiones en sus ecuaciones. Aunque la suma, resta, multiplicación y la división son los componentes más comunes de las ecuaciones, a veces es necesario usar diferentes tipos de relaciones. Vensim tiene cierto número de funciones que pueden ser usadas en las ecuaciones, y en este Capítulo se mostrará el proceso de emplear estas funciones a las ecuaciones. En el capítulo siguiente se tratarán las funciones **Lookup**, que permiten especificar relaciones funcionales dibujando una curva.

Además de explorar el uso de funciones en este capítulo se verá como abordar los llamados **“Floating Point Errors”** (Errores de punto flotante). Estos errores ocurren cuando un número en un modelo se hace demasiado grande, hay una división por cero o el argumento de una función está fuera de rango.

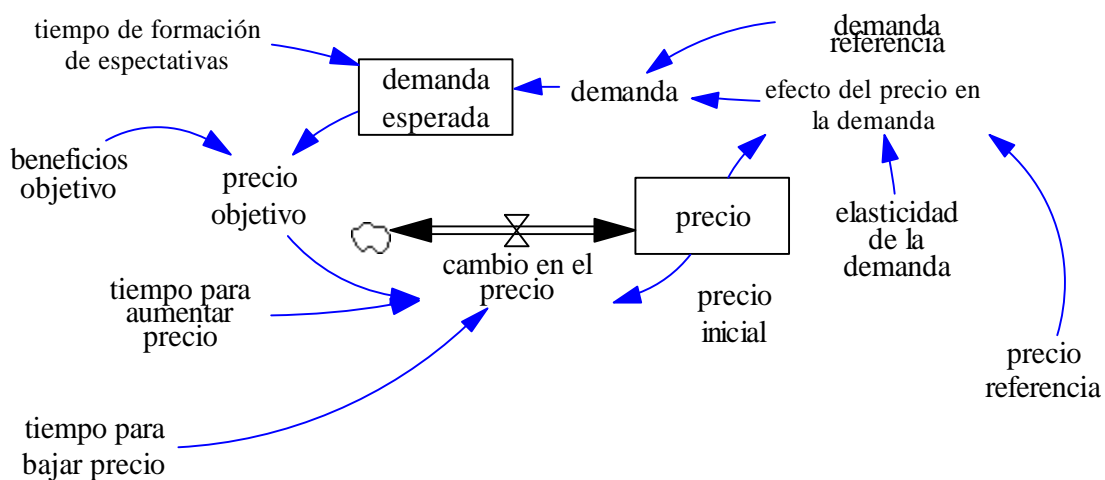
Copyright © 1998-2007 Ventana Systems, Inc.  
Traducido al español con autorización  
Copyright de la traducción (c) 2007 Juan Martin Garcia

Causal Tracing, Reality Check, Vensim and Ventana  
son marcas registradas de Ventana Systems, Inc.

## Precio y Demanda

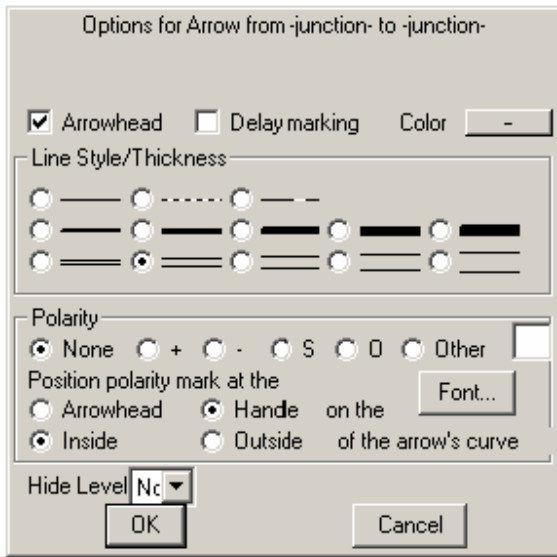
A modo de ejemplo se usará un modelo muy simple vinculado a la relación entre precio y demanda. El ejemplo no es muy completo. Las decisiones sobre precios se hacen para alcanzar ciertas metas sobre beneficios con la expectativa de que la demanda no cambiará con el precio, aunque de hecho la demanda depende del precio. Este modelo encierra una única hipótesis dinámica, y es interesante experimentarla en forma aislada si bien su comportamiento, como se verá, es bastante poco real.

- Crear el diagrama de la figura de abajo o abrir el modelo *precio1.mdl*



Seguir los pasos indicados en el capítulo previo para crear el modelo. Hay dos elementos que son diferentes en este diagrama respecto del que se hizo allí. El primero es un flujo de dos direcciones para el *cambio en el precio*. El segundo es la ausencia de flujos hacia el Nivel *demanda esperada*. Para dibujar el flujo en dos direcciones:

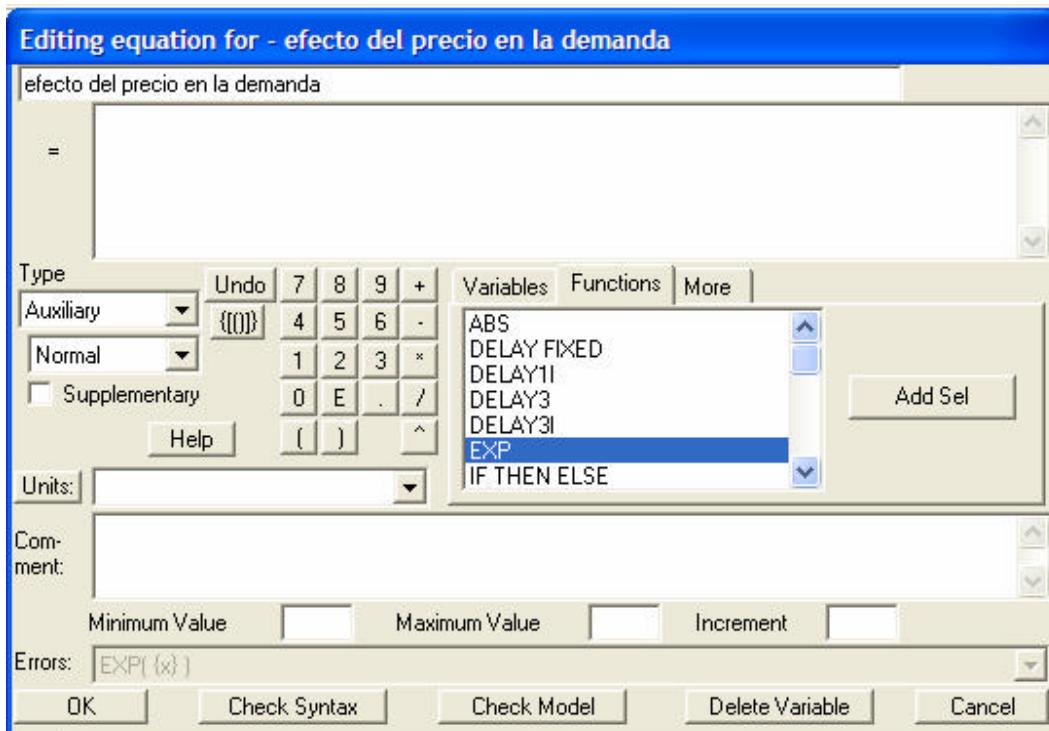
- Usar la herramienta **Rate (Flujo)** para dibujar un flujo desde la izquierda de precio hacia precio, y etiquete el recuadro *cambio en el precio*.
- Pulsar en la herramienta **Move/Size (Mover/Tamaño)**
- Pulsar en el pequeño círculo en la mitad de la tubería entre la nube y la válvula
- En el diálogo que aparece, tildar la caja **Arrowhead (Punta de flecha)**



La creación de flechas dentro del nivel *demanda esperada* se hace en la misma manera que con las demás flechas creadas. Se efectuarán algunos comentarios sobre la manera en que este nivel se diseña cuando se cree su ecuación.

## Uso de las Funciones

- Seleccionar la herramienta **Equation Edit (Editor de ecuaciones)**
- Pulsar en *efecto del precio en la demanda*
- Pulsar en la solapa **Functions (Funciones)** a la derecha



Se obtiene una lista de las funciones disponibles. Si se pulsa en cualquier función de la lista esta mostrará los argumentos de las funciones en la parte inferior del Editor de Ecuaciones. También es posible la primera letra de una función para desplazar la lista a las funciones que comienzan con esa letra. Las flechas de subir y bajar permiten moverse a lo largo de la lista mostrando la información sobre los argumentos en la parte inferior de la ventana.

- Pulsar en **ESP** en la lista de Funciones, desplazando si fuera necesario
- Presionar la tecla **Intro**

En la ventana de edición se vera **EXP( {x} )** con la {x} sobresaltada.

- Presionar la tecla – o Pulsar – en los botones
- Pulsar en la lista de Variables y luego en la variable *elasticidad de la demanda*
- Presionar la tecla \* o \* en los botones
- Pulsar en Funciones
- Pulsar en **LN** en la lista de funciones (presionar L es un buen atajo para acceder rápido) y presionar **Intro**

- Pulsar en **Variables**
- Pulsar en *precio*
- Presionar la tecla / o Pulsar / en los botones
- Pulsar en *precio referencia* en la lista de variables

La ecuación debería leerse:

*Efecto del precio en la demanda = EXP(-elasticidad de la demanda\*LN(precio / precio referencia))*

Siempre es posible escribir las ecuaciones en lugar de trabajar con el listado de funciones y a veces es más fácil hacerlo de este modo.

Debe hacerse un par de observaciones importantes. En esta ecuación **LN** es la función logaritmo natural y **EXP (x)** es la función que toma el número e (aprox 2.72) elevado al exponente x. Esta ecuación también podría haber sido escrita así:

*efecto del precio en la demanda = POWER(precio/precio referencia, -elasticidad de la demanda)*

*efecto del precio en la demanda = (precio/precio referencia)^(-elasticidad en la demanda)*

De hecho, para esta ecuación hay tres fórmulas adicionales que implican invertir la relación precio y precio referencia, cambiando en consecuencia el signo de elasticidad de la demanda.

Esta ecuación representa una curva estándar de elasticidad de la demanda. El uso de la relación precio/precio referencia es una normalización que previene errores en las unidades. Se discutirá más adelante la normalización en el siguiente capítulo.

Independientemente de que funciones se usen, el método para ingresarlas es el mismo. Se puede topearlas o seleccionarlas desde la lista.

## IF THEN ELSE

Es bastante común que se necesite poder cambiar entre fórmulas alternativas sobre la base de alguna condición. La función **IF THEN ELSE** permite hacerlo. Se implementa como una función de Vensim por dos razones. La primera es que, al igual que otras funciones, retorna un valor. En segundo lugar, la entidad

$d = \text{IF } a \text{ THEN } b \text{ ELSE } c$

realmente asigna la variable "IF a THEN b ELSE c" a la variable d. Para que Vensim pueda diferenciar variables de entidades sería necesario algo como :IF: a :THEN: b :ELSE: c lo cual crearía más distracción de lo que resolvería. In Vensim tal asignación toma la forma:

$d = \text{IF THEN ELSE}(a,b,c)$

- Con la herramienta de **Equations Edit** pulsar sobre *cambio en el precio*.
- Pulsar en **Functions**, seleccionar IF THEN ELSE de la lista y presionar **Intro**.
- Pulsar en Variables
- Pulsar en *precio objetivo*, presionar la tecla > (o bien Pulsar en **More** (más) y pulsar en >), luego pulsar en *precio*
- Pulsar dos veces en **{ontrue}** en la ecuación para resaltarlo
- Mantener presionada la tecla **Ctrl** y presionar **Intro**.
- Presionar la tecla paréntesis izquierdo ( , pulsar en *precio objetivo*, presionar la tecla -, pulsar en *precio*, presionar el paréntesis izquierdo), presionar la tecla / y entonces pulsar en *tiempo para aumentar el precio*.
- Pulsar dos veces en **{onfalse}** en la ecuación para resaltarlo.
- Mantener presionada la tecla **Ctrl**. y presionar **Intro**
- Presionar la tecla paréntesis izquierdo ( , pulsar en *precio objetivo*, presionar la tecla -, pulsar en *precio*, presionar el paréntesis izquierdo), presionar la tecla / y entonces pulsar en *tiempo para bajar el precio*.

La ecuación debería leerse:

```
cambio en el precio =  
IF THEN ELSE(precio > precio objetivo,  
    (precio objetivo-precio)/tiempo para aumentar el precio ,  
    (precio objetivo-precio)/tiempo para bajar precio)
```

Los argumentos de la función aparecen de tal forma que pulsando dos veces sobre ellos pueden ser reemplazados. Debido a que los argumentos están encerrados entre llaves, son realmente tratados como comentarios y pueden ser ignorados, aunque esto no es deseable. El uso de **Ctrl.+Intro** coloca saltos de línea entre las ecuaciones de modo de hacerlas más fácilmente legibles.

## SMOOTH

La función **SMOOTH** se usa en general para calcular promedios de tiempo y representar expectativas. Es diferente a **LN**, **EXP** e **IF THEN ELSE** en que implica un comportamiento en el tiempo. Esto es, si se sabe que valor toma  $x$  en un momento, es posible calcular **EPX(x)**, pero conocer sólo el valor de  $x$  no permite conocer el valor de **SMOOTH(x, 4)**, se necesita también saber el valor previo de **SMOOTH**. Esto es porque **SMOOTH** tiene un nivel implícito construido dentro de él.

La ecuación será:

$$\text{demanda esperada} = \text{SMOOTH}(\text{demanda}, \text{tiempo de formación de expectativas})$$

Esta ecuación es exactamente la misma que:

$$\text{demanda esperada} = \text{INTEG}((\text{demanda} - \text{demanda esperada}) / \text{Tiempo de formación de expectativas}, \text{demanda})$$

Cuando se usa la función **SMOOTH** Vensim crea en rigor dos variables. Una, *demanda esperada*, es tratada como un **auxiliary** que es igual a un Nivel creado por el Vensim llamado **SMOOTH(demanda, tiempo de formación de expectativas)**

Normalmente, **Vensim** oculta tales variables internamente, pero se puede mostrarlas controlando **Macro Variables: Show** en la tabla **Setting** del diálogo **Global Options** (usando el ítem **Tools** del menú **Options**). No es accesible en **Vensim PLE** o **PLE Plus**.

Para ingresar la ecuación correspondiente a **SMOOTH**:

- Abrir **Equation Editor** en *demanda esperada*

Debido a que *demanda esperada* se ingresó en una caja, **Vensim** lo asume como un Nivel y el Editor de Ecuaciones lo abre con este tipo seleccionado. Para ingresar la ecuación **SMOOTH**, no obstante, necesitamos cambiar el tipo a **Auxiliar**. Mantendremos la caja alrededor de la variable por el nivel oculto que contiene.

- Cambiar **Type** (tipo) de **Level** (Nivel) a **Auxiliary** (auxiliar) usando la lista desplegable.

- Pulsar en la solapa **Functions**, seleccionar la función **SMOOTH** y presionar **Intro**.

- Pulsar en la solapa **Variables**, y seleccionar *demanda*.

- Pulsar dos veces en **{stime}**, luego seleccionar *tiempo de formación de expectativas* en la lista de variables.

- Agregar las unidades Cajas/mes, igual que las unidades para *demanda*.

- Pulsar en **OK** para cerrar el **Editor de Ecuaciones**.

Hay algunas funciones que, al igual que **SMOOTH**, introducen variables y una dinámica ocultas. Incluyen **DELAY1**, **DELAY1I**, **DELAY3**, **DELAY3I**, **FORECAST**, **SMOOTH3**, **SMOOTH3I**, **SMOOTHI** y **TREND**. A menudo resulta una ayuda colocar estas variables dentro de un caja para enfatizar la idea de Nivel. Para la función **SMOOTH** en particular, dado que es muy simple, es a menudo más claro usar como alternativa la fórmula **INTEGER**, pero es cuestión de gustos.

Según se escriba **SMOOTH(x,t)** o **INTEG((x-sx)/t,x)**, en términos de diagrama se tendrá un Nivel con flechas de información en lugar de flujos entrando en él. Hay diferentes escuelas de pensamiento en relación a si se debe permitir que los Niveles aparezcan sin flujos. A menudo se usará la convención mostrada aquí para conceptos informales, tales como *demanda esperada*. En este caso no hay procesos físicos que aumenten o disminuyan un concepto de información, este simplemente se ajusta como respuesta a presiones o desbalances . **Vensim** en si mismo permite dibujar tanto flujos como flechas de información ingresando a niveles, así que es necesario elegir una convención que sea clara para aquellos a quienes se desea mostrar el trabajo.

## STEP

- Abrir **Equation Edit** en *beneficios objetivo*
- Escribir “10000+” para comenzar la ecuación.
- Pulsar en **Functions Tab**.
- Seleccionar **STEP** de la lista y presionar la tecla **Intro**.
- Escribir “5000”.
- Pulsar dos veces en **{stime}** en la ecuación.
- Escribir “10”.
- Ingresar las unidades \$/mes y pulsar **OK**.

La ecuación final se debería leer

*beneficio objetivo = 10000+STEP(5000,10)*

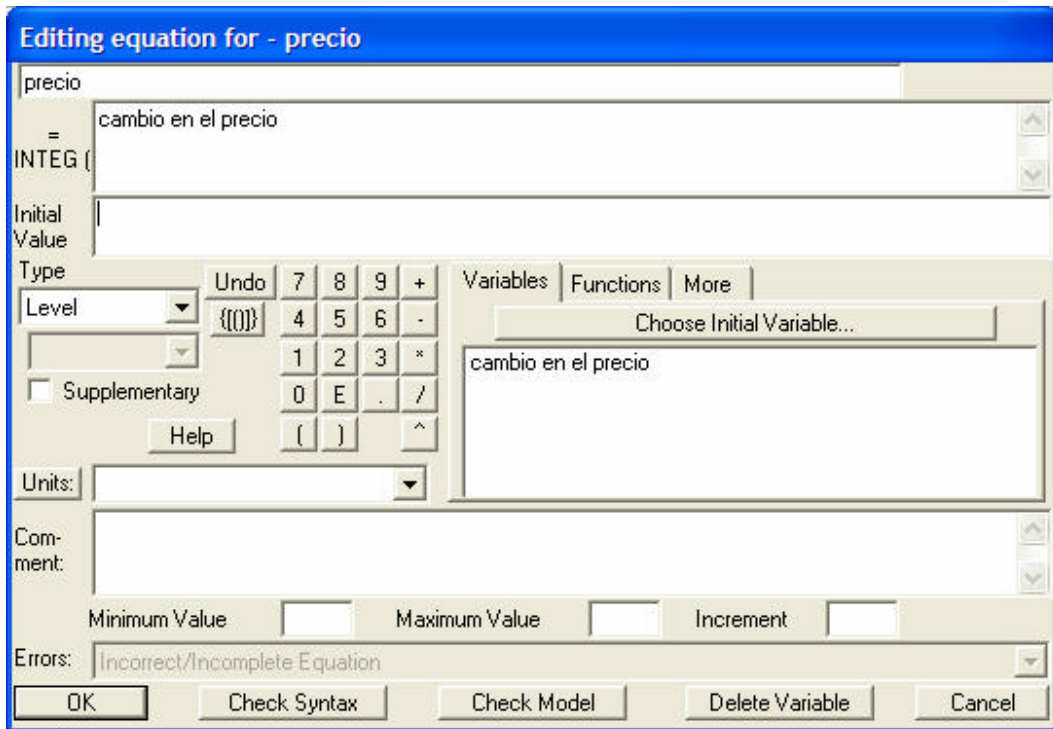
La función **STEP** es una de las funciones de entrada de uso más común. Esta función retorna 0 hasta que Time alcanza {stime} y luego retorna {sheight}. En el ejemplo retornará 0 hasta tiempo 10 y luego retornará 5000 de modo que beneficio objetivo comenzará a 10000, permaneciendo constante hasta el tiempo 10, en que incrementará a 15000. La función **STEP** es importante porque un cambio en escalón es una muy buena manera de lograr que un modelo que muestre los modos de comportamiento que puede generar. Por ejemplo, en una cadena de abastecimiento, se puede usar un cambio tipo escalón en la demanda para observar el abastecimiento.

Hay algunas funciones relacionadas a **STEP: PULSE, PULSE TRAIN, RAMP y RANDOM**. Todas estas funciones retornan un valor que es diferente en instantes de tiempos diferentes. La función **RANDOM** retorna valores que cambian aleatoriamente de periodo en periodo, aunque serán los mismos entre simulación y simulación, de modo que se puede repetir los resultados.

Otra forma común de cambiar el comportamiento es mediante **DATA**, la cual es discutida en el **Capítulo 16 “Using Data in Models”**. Se puede usar también la variable *Time* como una entrada a otras funciones, tales como **SIN(Seno)** para obtener diferentes tipos de comportamiento.

## Condiciones Iniciales

El valor inicial para *precio* está dado por *precio inicial*, pero no hay una flecha desde *precio inicial* a *precio*. Cuando se abre el **Editor de Ecuaciones** en *precio* no se vea *precio inicial* listada como una entrada.



- Pulsar el botón **Choose Variable** (el botón **Choose Initial Variable** en **Vensim PLE y PLE Plus**).
- Seleccionar *precio inicial* de la lista presentada y pulsar **OK**.
- Entrar las Unidades en \$/Caja.
- Pulsar en **OK** para cerrar el **Editor de Ecuaciones**.

Notar que si ha dibujado una flecha desde *precio inicial* a *precio* entonces *precio inicial* aparece en la lista de entrada. No obstante, cuando se cierra el editor de Ecuaciones la flecha desaparecerá debido a que las causas iniciales no son mostradas, por defecto, en el diagrama del modelo. Si desea mantener la flecha, seleccionar del menú el ítem **Model-Settings**, pulsar en **Sketch Appearance** y tildar **Show Inicial Causes on model diagrams**.

## Ecuaciones Modelo

Las siguientes son las ecuaciones completas para el presente modelo. La mayoría de ellas son bastante simples y directas. Están contenidas en el modelo *clientes2\_guia.mdl*

*beneficios objetivo = 10000+STEP(5000 ,10 )*  
*Units: \$/Mes*

*cambio en el precio = IF THEN ELSE(precio objetivo>precio ,  
(precio objetivo-precio)/tiempo para aumentar precio ,  
(precio objetivo-precio)/tiempo para bajar precio )*  
*Units: \$/caja/mes*

*demanda = demanda referencia\*efecto del precio en la demanda*  
*Units: cajas/mes*

*demanda esperada = smooth(demanda,tiempo de formacion de  
espectativas)*  
*Units: cajas/mes*

*demanda referencia = 100*  
*Units: cajas/mes*

*efecto del precio en la demanda = EXP(-elasticidad de la  
demanda \* LN(precio/precio referencia))*  
*Units: Dmnl*

*elasticidad de la demanda = 1*  
*Units: Dmnl*

*FINAL TIME = 100*  
*Units: Month*

*INITIAL TIME = 0*  
*Units: Month*

*Precio = INTEG (*  
*cambio en el precio,*  
*precio inicial)*  
*Units: \$/caja*

*precio inicial = 100*  
*Units: \$/caja*

*precio objetivo = beneficios objetivo/demanda esperada*  
*Units: \$/mes*

*precio referencia= 100*  
*Units: \$/caja*

*SAVEPER = TIME STEP*  
*Units: Month [0,?]*  
*The frequency with which output is stored.*

*tiempo de formacion de expectativas = 6*  
*Units: mes*

*tiempo para aumentar precio = 4*  
*Units: mes*

*tiempo para bajar precio = 6*  
*Units: mes*

*TIME STEP = 1*  
*Units: Month [0,?]*  
*The time step for the simulation.*

## Errores de simulación

El modelo creado debería estar listo para simular.

- Seleccionar del menú el ítem **Model-Check Model** o usar la combinación **Ctrl.+T**.

Se obtendrá un mensaje que dice “**Model is OK**”. Si no se obtiene este mensaje, el Editor de Ecuaciones abrirá en una ecuación que tiene un problema. Es necesario corregir los errores reportados antes de continuar.

- Seleccionar del menú **Model-Units Check** o usar la combinación **Ctrl.+U**.

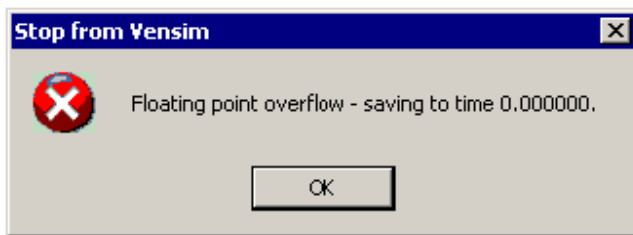
Se obtendrá un mensaje que dice “**Units are O.K**”. Si no se obtiene este mensaje, es necesario corregir los errores.

A continuación se generan intencionalmente algunos errores de simulación para ver como se resuelven estos problemas.

## Errores en el valor de Tiempo Cero

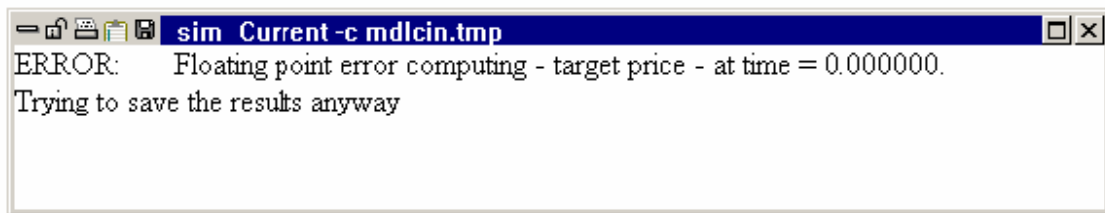
- Pulsar el botón **Setup a Simulation**.
- Pulsar en *demanda referencia*, escribir el valor 0 (cero) y apretar **Intro**.
- Pulsar el botón **Simulate**.

Se obtendrá el mensaje:



- Pulsar OK.

Aparecerá una ventana de Error.



Esta ventana informa que variable que variable estaba siendo computada y a que tiempo cuando se detectó el error. Debido a que el error ocurrió a tiempo 0, sólo es práctico buscarlo usando la herramienta **Table**.

- Pulsar en *precio objetivo* en la ventana de error para seleccionarlo en el esquema de trabajo.

Si se está usando **Vensim PLE or PLE Plus**:

- Pulsar en la herramienta **Table**.
- Pulsar en la herramienta **Causes Tree**
- Pulsar en *demanda esperada* en la salida de **Causes Tree**.
- Pulsar en la herramienta **Tabla**.

- Pulsar en beneficios objetivo en la salida de **Causes Tree**.

- Pulsar en la herramienta **Tabla**.

O si se está usando **Vensim Standard, Runtime, Professional or DSS**

- Pulsar con ratón botón derecho en la herramienta **Table**.

- Bajo **Show Link** pulsar en **Cause** y pulsar **OK**.

- Pulsar en la herramienta **Table**.

Entonces

Se verá algo como:

Time (Month)	0
precio objetivo	--
beneficios objetivo	10,000
demanda esperada	0

Al lado de *precio objetivo* se verá el valor "--". Esto indica que *precio objetivo* nunca se ha calculado bien. Tanto *demanda esperada* como *beneficio objetivo* han sido calculados y se muestran sus valores. Dado que la ecuación para *precio objetivo* es:

$$\text{precio objetivo} = \text{beneficios objetivo} / \text{demanda esperada}$$

Está claro porque hay un error –división por cero. Para determinar porque *demanda* es cero se puede continuar trazando las causas. Se debería poder demostrar bastante rápidamente que *demanda esperada* es 0 porque *demanda* es 0, porque *demanda referencia* es 0.

Se puede fijar la ecuación para *precio objetivo* así no causará error aún cuando *demanda esperada* sea 0. Esto se hace en "Model Revisions", a continuación.

## Errores durante la simulación

- Pulsar en el botón **Setup a Simulation**.
- Pulsar en *elasticidad de la demanda*, escribir 2 (dos) y pulsar **Intro**.
- Pulsar en *tiempo de formación de expectativas*, escribir 1 (uno) y pulsar **Intro**.
- Pulsar en el botón **Simulate** y responder **Yes** a la pregunta acerca de sobrescribir.

Se verá algo similar a lo que se vio la última vez, excepto que esta vez el mensaje debería ser:

```
ERROR: Floating point error computing - target price - at time = 30.000000.  
Trying to save the results anyway
```

Se puede aplicar la misma técnica de análisis usada previamente para entender el problema. La siguiente es una tabla de *precio objetivo* y sus causas:

Time (Month) 0	27	28	29	30
precio objetivo	2.09e+015	2.60e+020	2.26e+027	2.26e+027
beneficios objetivo	15,000	15,000	15,000	15,000
demanda esperada	2.84e-008	7.17e-012	5.76e-017	6.61e-024

**NOTA:** Para poder ver valores para todos los tiempos, se necesitará borrar la salida de la Tabla y luego pulsar en la herramienta **Table** nuevamente.

Hay dos opciones para profundizar acerca de esta salida. La primera opción es el valor para precio objetivo a tiempo 29 y 30, que son iguales a pesar de que las entradas son diferentes. Cuando ocurre un error durante la simulación, los valores obtenidos para las variables que no fueron bien calculados serán simplemente los correspondientes al tiempo anterior. Segunda opción, la razón para el error es la misma que en el caso previo.

Dado que los errores ocurrieron durante la simulación, podemos usar **Causes strip** para entender que condujo al problema.

- Pulsar en *precio objetivo* para seleccionar dentro del esquema de trabajo.
- Pulsar en **Causes strip**.
- Trazar las causas del comportamiento usando **Causes strip** a través de la secuencia, *demanda esperada*, *demanda*, *efecto del precio en la demanda*, *precio*, *cambio en el precio* y luego nuevamente a *precio objetivo*.

Hemos seguido el trazado de un lazo de retroalimentación positivo que es mayor *precio*, menor demanda, menores *ventas esperadas*, necesidad de lograr un mayor *precio*.

## Oscilaciones misteriosas

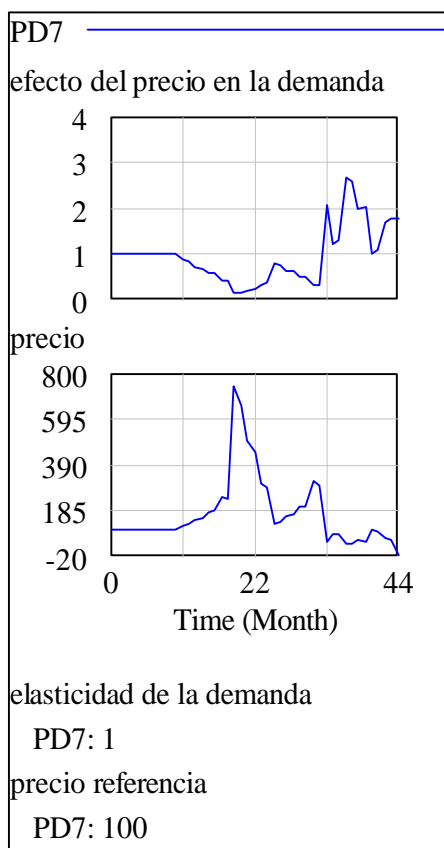
- Pulsar en el botón **Setup a Simulation**.

- Pulsar en *tiempo de formación de expectativas*, escribir el valor 0.5 y pulsar **Intro**.

- Pulsar en el botón **Simulate** y responder **Yes** a la pregunta acerca de sobrescribir..

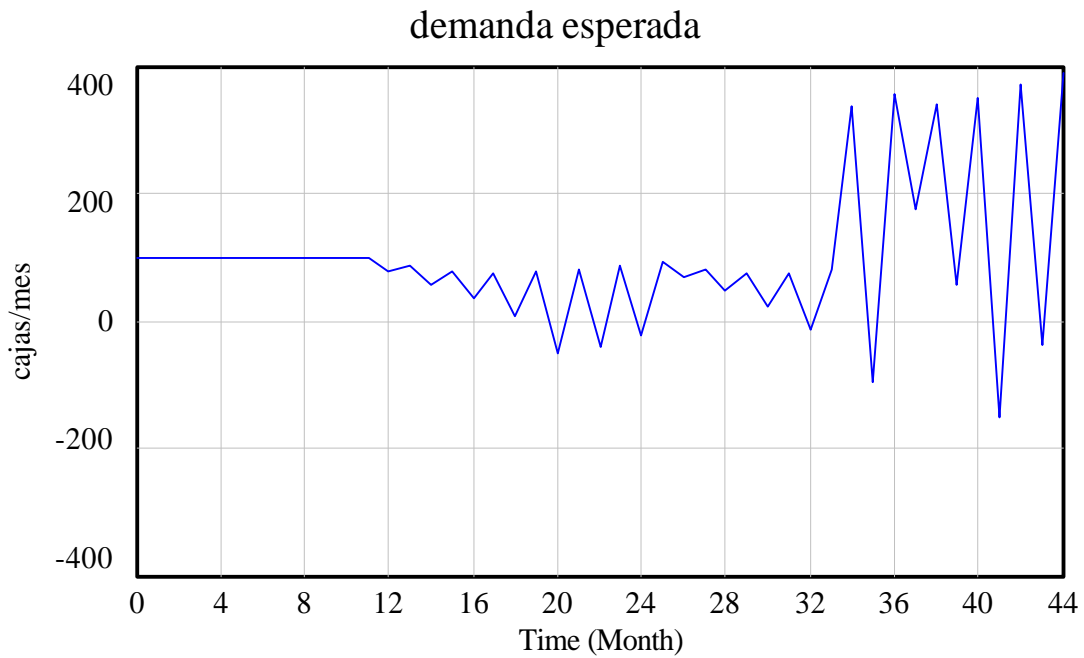
Se debería ver un informe de error que ocurre mientras se calcula *efecto del precio en la demanda* en el tiempo 44.

- Pulsar en *efecto del precio en la demanda* y pulsar en **Causes Strip**.

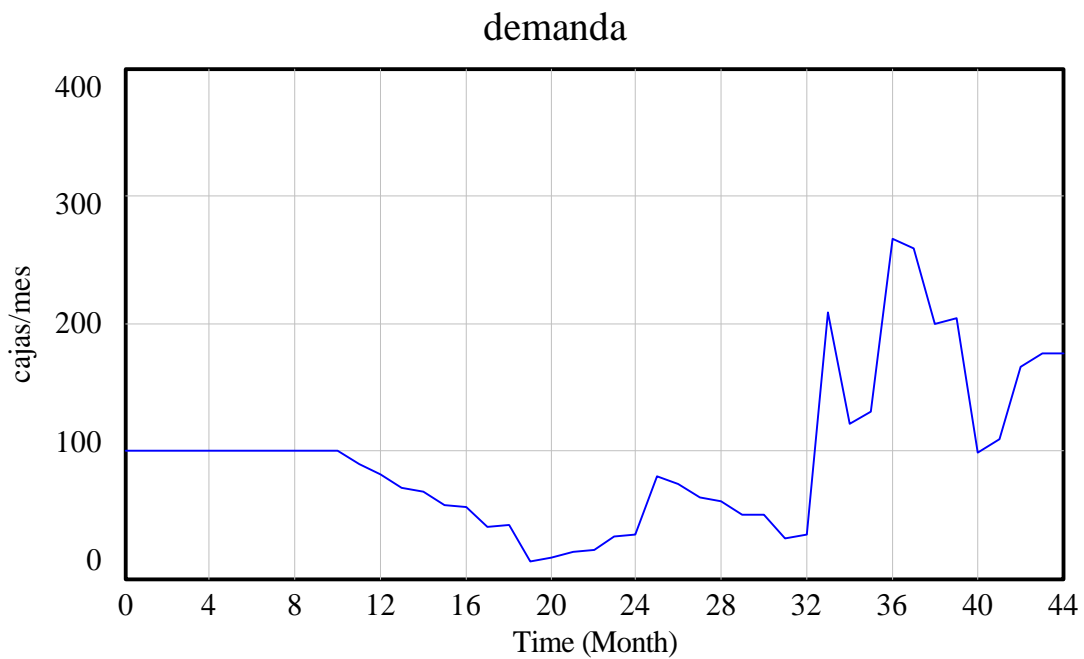


Los valores muestran gran variación, pero la fuente de error es el valor negativo que el *precio* toma al final.

- Seguir las causas del comportamiento usando **Causes strip** a través de la secuencia *efecto del precio en la demanda, precio, cambio en el precio, precio objetivo* y finalmente *demanda esperada*.



demanda esperada : PD7 



demanda : PD7 

*demanda esperada* se hace negativa, aún cuando *demanda* es siempre positiva. Esto ocurre porque se estableció la constante de tiempo para cambiar la demanda esperada a un valor menor que TIME STEP.

Comportamientos como el que se muestra aquí son a menudo resultado de problemas similares. Si se observa algún tipo de oscilación y no se puede encontrar el problema, probar cambiando TIME STEP a un número menor. Si esto provoca una gran diferencia en el comportamiento, probablemente se tiene una constante de tiempo demasiado pequeña. Observar que tales constantes de tiempo no pueden ser explícitamente definidas en la forma que lo es *demanda esperada*.

## **Errores en la Integración**

Hay otro mensaje de error que se muestra. Su forma es:

**ERROR:**

Floating point error integrating - Big Level - at time = 340.0

Trying to save the results anyway

Este error indica que aunque se pueden calcular todas las ecuaciones, cuando los flujos se agregan en un nivel éste toma un valor demasiado grande. Este tipo de error puede ser debido a una retroalimentación positiva.

## Revisiones del Modelo

Hay una corrección que se debiera desear hacer para que el modelo sea más robusto. Se puede reemplazar la ecuación para *precio objetivo* con algo que se comportará correctamente aún cuando la *demanda esperada* sea 0. La corrección del modelo se guardará en *precio3\_guia.mdl*.

## XIDZ

- Agregar la variable *precio máximo* al esquema cerca de *precio objetivo*.
- Dibujar una flecha desde *precio máximo* a *precio objetivo*.
- Seleccionar **Equation Edit** y pulsar en *precio objetivo*, entrar la ecuación:

*Precio objetivo* =  $MIN (XIDZ(\text{beneficios objetivos}, \text{demanda esperada}, \text{precio maximo}), \text{precio maximo})$   
Units: \$/Caja

- Agregar la ecuación para *precio maximo*.

*precio máximo* = 25000  
Units: \$/caja

La función XIDZ efectúa la división excepto cuando esta sea por cero, en cuyo caso retorna el tercer argumento. En otras palabras:

$XIDZ(\text{beneficios objetivo}, \text{demanda esperada}, \text{precio maximo})$

es la misma que:

$\text{beneficio objetivo} / \text{demanda esperada}$

Excepto cuando la demanda esperada es 0. En este caso la primera retorna *precio máximo*, mientras que la segunda causa error.

La función XIDZ es muy usual cuando se sospecha que algunas variables pueden legítimamente tomar valor 0 y se desea que la simulación continúe. Una función íntimamente relacionada es ZIDZ, que retorna 0 cuando se divide por 0.

# Recursos de Vensim en español

## CURSOS ONLINE



### **Curso de Especialización en Dinámica de Sistemas**

<http://www.dinamica-de-sistemas.com/cursos/sis.htm>



### **Curso de Creación de Modelos en Ecología**

<http://www.dinamica-de-sistemas.com/cursos/ecologia.htm>

## LIBROS



### **Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas**

<http://www.dinamica-de-sistemas.com/libros/sistemas.htm>



### **Sysware, la toma de decisiones en un mundo complejo**

<http://www.dinamica-de-sistemas.com/libros/sysware.htm>

Información: JMG@GRN.ES