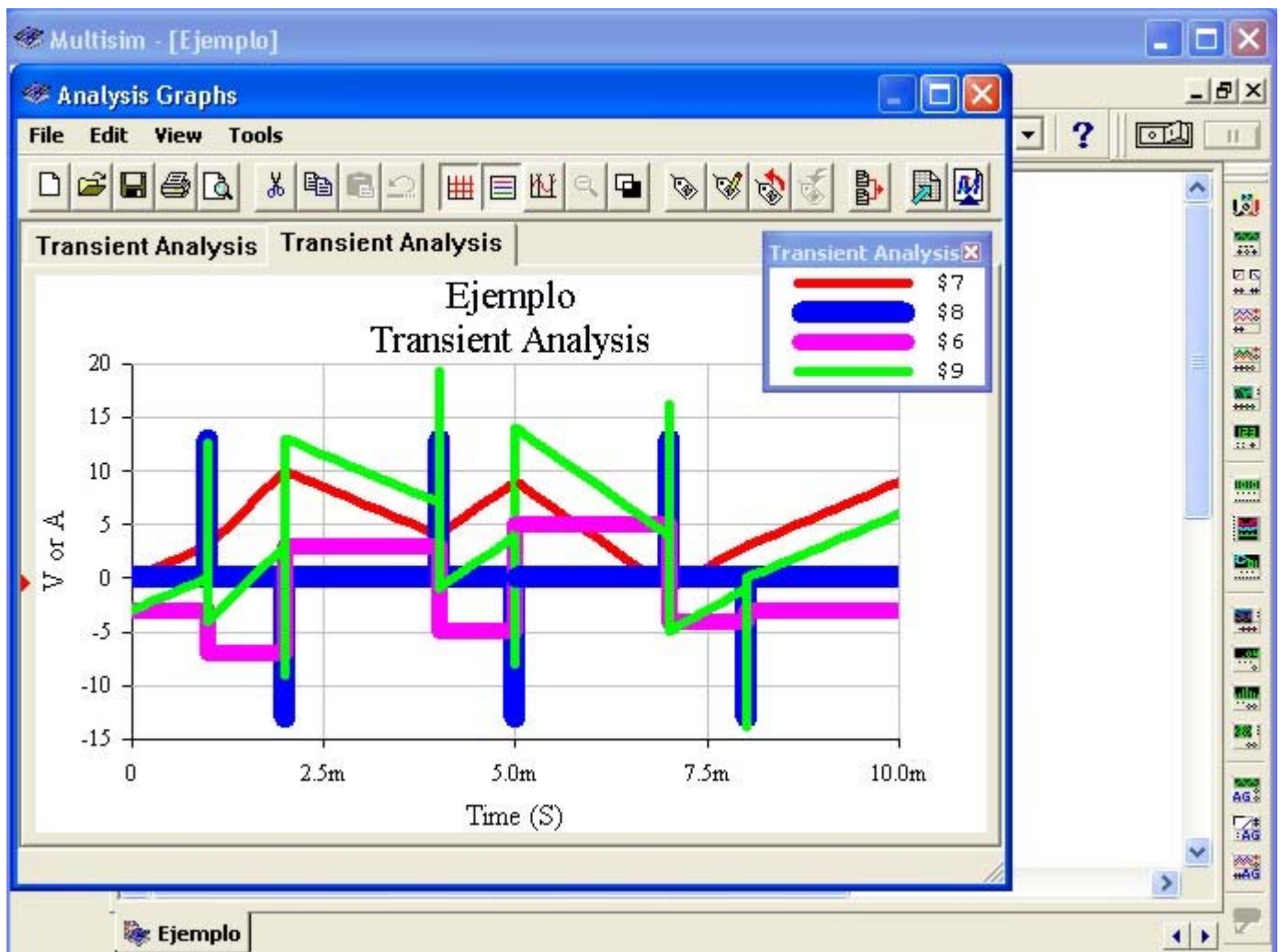


Controladores con multiSIM



Indice

	Página
Control de Procesos	4
Control manual de un proceso	4
Variables del control de procesos	5
Diagrama de bloques del control de procesos	5
Tipos de Sistemas de Control	8
El Controlador electrónico	10
El Controlador electrónico en el Multisim	10
1. Voltage Gain Block (Controlador Proporcional)	12
2. Voltage Differential (Controlador Derivativo)	14
3. Voltage Integrator (Controlador Integrativo)	16
4. Voltage Summer (Sumador)	18
Ejemplo de simulación de un control de procesos	20
Tabulación de la señal de la Interfase de Entrada	22
Tabulación de la señal del Set Point	23
Almacenamiento de la señal de la Interfase de Entrada en el Multisim	24
Almacenamiento de la señal del Set Point en el Multisim	26
El Sumador con las señales de la Interfase de Entrada y Set Point	28
El Controlador Proporcional con el Sumador y señales de entrada	30
Activación de los nodos en el circuito, con el Multisim	32
Configuración del Análisis Transiente para el Controlador Proporcional	34
Presentación de las señales en el Controlador Proporcional	38
Grosor y color para la presentación de las señales de salida	39
El Controlador Derivativo con el Sumador y señales de entrada	42
Configuración de los parámetros del Controlador Derivativo	44
Configuración del Análisis Transiente para el Controlador Derivativo	45
Presentación de las señales del Controlador Derivativo	49
El Controlador Integrativo con el Sumador y señales de entrada	50
Configuración de los parámetros del Controlador Integrativo	52
Configuración del Análisis Transiente para el Controlador Integrativo	53
Presentación de las señales del Controlador Integrativo	57
El Controlador Proporcional Integrativo Derivativo (PID)	58
Determinación de los nodos del Controlador PID	59
Configuración del Análisis Transiente para el Controlador PID	60
Presentación de las señales del Controlador PID	63

Este material está basado en un proyecto apoyado por la National Science Foundation (NSF) conforme al Grant No. 0411330.

Cualquier opinión, descubrimiento y conclusiones o recomendaciones expresados en este material son del autor y no necesariamente reflejan las opiniones de la National Science Foundation (NSF).

El Análisis Transiente estudia la respuesta de los circuitos, en tiempos muy cortos. En las páginas siguientes y utilizando el Multisim, se describe la respuesta de los circuitos cuando a sus entradas se aplican señales variables durante un tiempo de diez milisegundos.

Control de Procesos

La medición y el control del proceso son partes esenciales de toda industria porque mejora la calidad, aumenta la cantidad y reduce el costo de lo fabricado.

Control Manual de un Proceso

La figura 1 describe el control manual de un intercambiador de calor en donde se trata de obtener, en la salida, agua caliente con una temperatura de 50° C, .

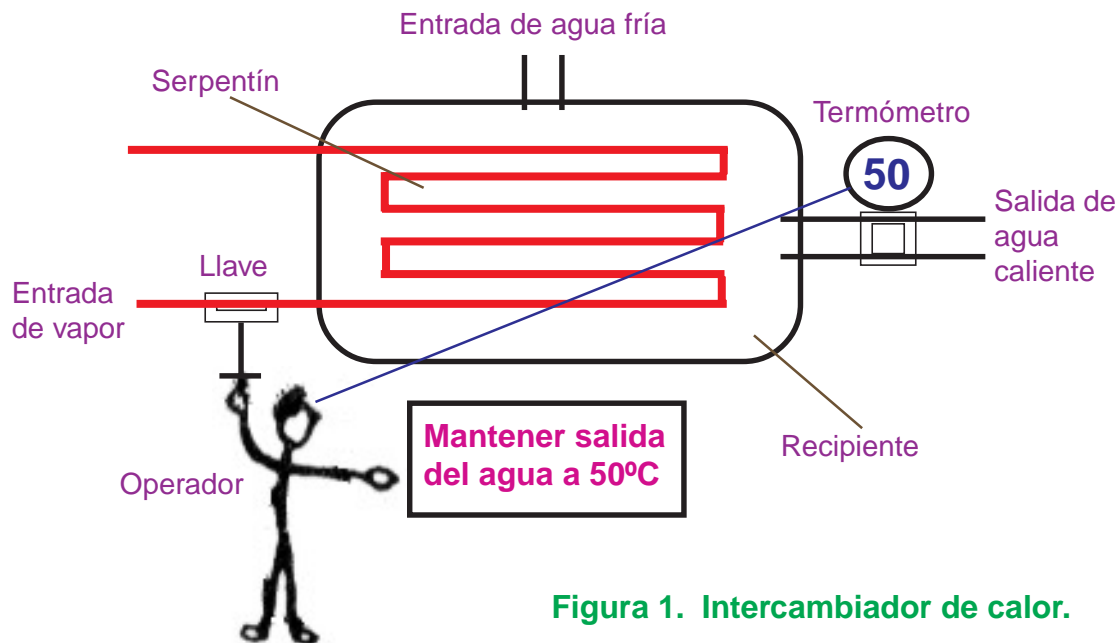


Figura 1. Intercambiador de calor.

El agua fría contenida en el recipiente se calienta mediante el calor proporcionado por el vapor que circula por una cañería en forma de serpentín. En la figura 1 podemos apreciar que el operador está observando la lectura del termómetro y la compara con el cartel que le indica «**Mantener salida del agua a 50° C**».

Si el termómetro marca más de 50° C, el operador cerrará poco a poco la llave de entrada del vapor hasta alcanzar la temperatura de 50°C. Si el termómetro registra menos de 50° C, el operador abrirá poco a poco la llave de entrada del vapor hasta que la salida del agua alcance la temperatura de 50° C.

Variables del Control de Procesos

En todo control de procesos, hallamos las variables siguientes:

Variable controlada: En la figura 1, viene a ser la temperatura de salida del agua.

Variable manipulada: En la figura 1, es el ingreso del vapor. Controlando el flujo del vapor, regularemos la salida del proceso.

Variable perturbadora: Son todos los parámetros que desestabilizan el sistema. En nuestro ejemplo de la figura 1, la variable perturbadora es el flujo de entrada de agua fría.

Diagrama de Bloques del Control de Procesos

El diagrama de bloques de la figura 1 es el siguiente:

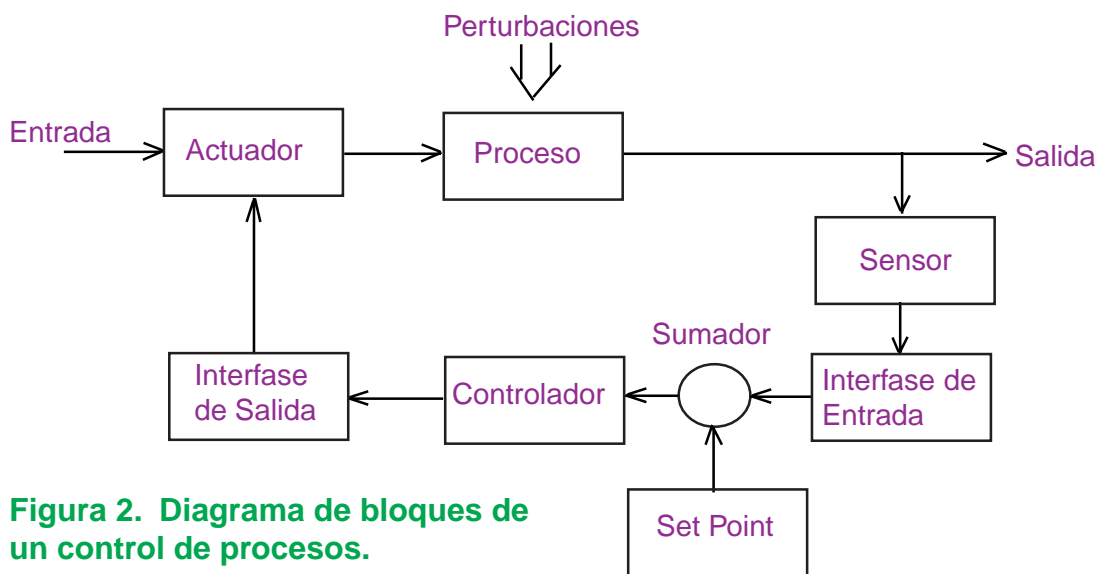


Figura 2. Diagrama de bloques de un control de procesos.

En donde:

- Entrada:** corresponde a la entrada del vapor.
- Proceso:** equivale al tanque intercambiador de calor.
- Perturbaciones:** equivale al ingreso de agua fría.
- Sensor:** reemplaza al termómetro.
- Set Point:** equivale al cartel que le indica al operador mantener la temperatura de salida del agua a un cierto valor.
- Sumador:** equivale a la comparación que realiza el operador entre la lectura del termómetro y el cartel.
- Controlador:** reemplaza al operador.
- Actuador:** equivale a la llave de control de ingreso del vapor.

El Sensor

Mide la salida del Proceso y la transforma en una señal eléctrica. Los sensores pueden ser de: nivel, presión, temperatura, flujo, viscosidad y otros más.

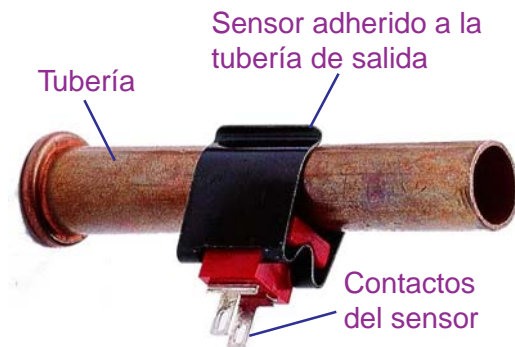


Figura 3. Sensor de temperatura

Interfase de Entrada

Acondiciona la señal eléctrica entregada por el Sensor y la convierte a un formato aceptable por el Controlador.

Set Point

También llamado: **valor deseado, consigna o punto de referencia**, es un valor que el Controlador debe tratar de mantener en la salida del proceso.



Figura 4. Instrumentos ajustados al valor del Set Point.

Sumador de Voltaje

Suma el voltaje de señal proveniente de la Interfase de Entrada con el valor de referencia (Set Point) y la envía al Controlador.

El Controlador

Procesa la información proveniente del Sumador y produce una señal de salida (señal de corrección) que la envía al Actuador mediante la Interfase de Salida



Figura 6. Controlador.

Interfase de Salida

Acondiciona la señal eléctrica entregada por el Controlador para que sea capaz de activar el Actuador adecuadamente.

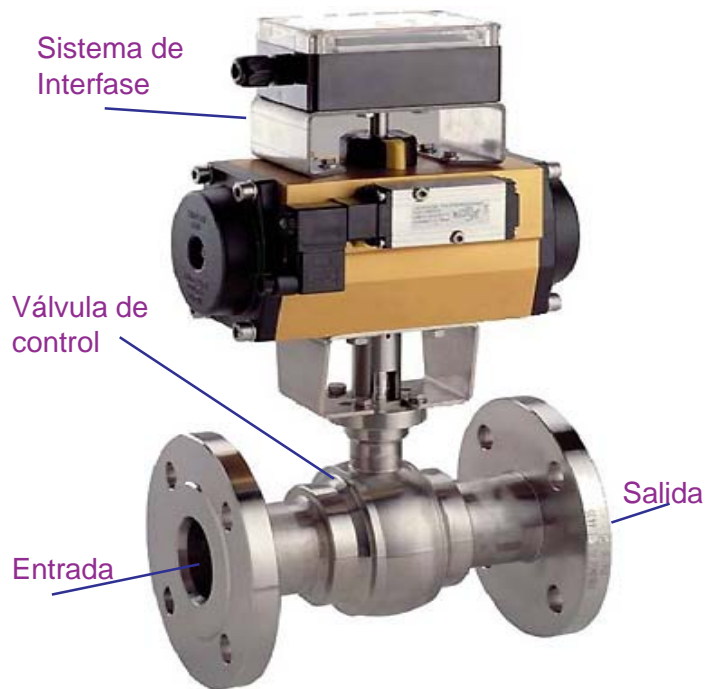


Figura 7. Actuador.

El Actuador

También llamado **elemento final de control**, se encarga de alterar la variable de entrada (en nuestro ejemplo es el vapor) para estabilizar la salida del proceso.



Figura 8. Intercambiador de calor.

Tipos de Sistemas de Control

1. Control Lógico Programable (**PLC**).
2. Sistema de Control Distribuído (**DCS**).
3. Computadoras Personales (**PC**).

Control Lógico Programable (PLC)

Es un dispositivo que fue desarrollado para reemplazar los circuitos secuenciales de relays para el control de procesos. El **PLC** trabaja chequeando sus entradas y dependiendo de sus estados, cambia sus salidas a **ON/OFF**. El usuario ingresa un programa, vía software, con los resultados que desea obtener.



Figura 9. PLC típicos.

Sistema de Control Distribuído (DCS)

Están basados en circuitos electrónicos o módulos dedicados especiales para el control independiente de la temperatura, presión, caudal u otras variables.

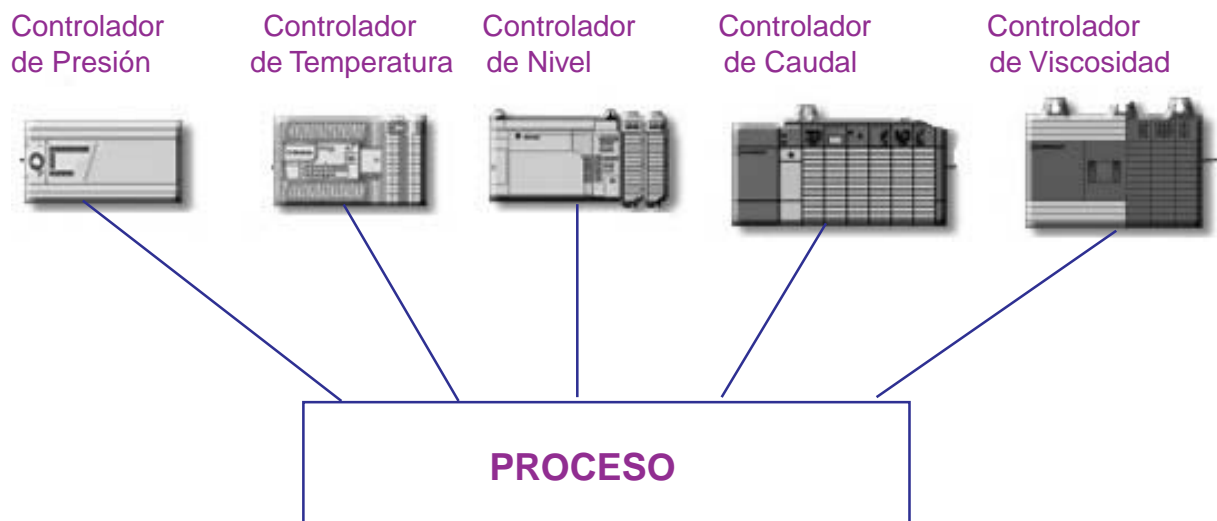


Figura 10. Sistema de Control Distribuído.

Computadoras Personales (PC)

Monitorean todo el proceso industrial calculando en tiempo real los puntos de referencia o Set Point y los envía a los Sumadores de Voltaje de Controladores individuales, externos al computador.



Figura 11. Combinación del Sistema Distribuido y la PC.

El Controlador Electrónico

El Controlador Electrónico está compuesto por uno o más Amplificadores Operacionales (Op Amp) en configuración: Inversor, Integrador, Derivador. Estas configuraciones del Op-Amp se conocen con los nombres de: Proporcional (**P**), Integrativo (**I**), Derivativo (**D**), respectivamente.

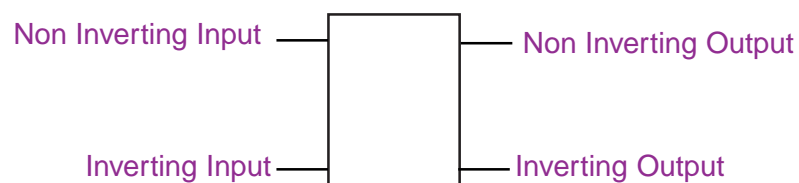
En la práctica se suelen emplear dos o más acciones de control, originando Controladores complejos denominados: Proporcional-Integrativo (**PI**), Proporcional Derivativo (**PD**), Proporcional-Integrativo-Derivativo (**PID**), etc.

El Controlador Electrónico en Multisim

El Multisim incorpora una serie de módulos para la simulación del control de procesos; entre ellos tenemos:

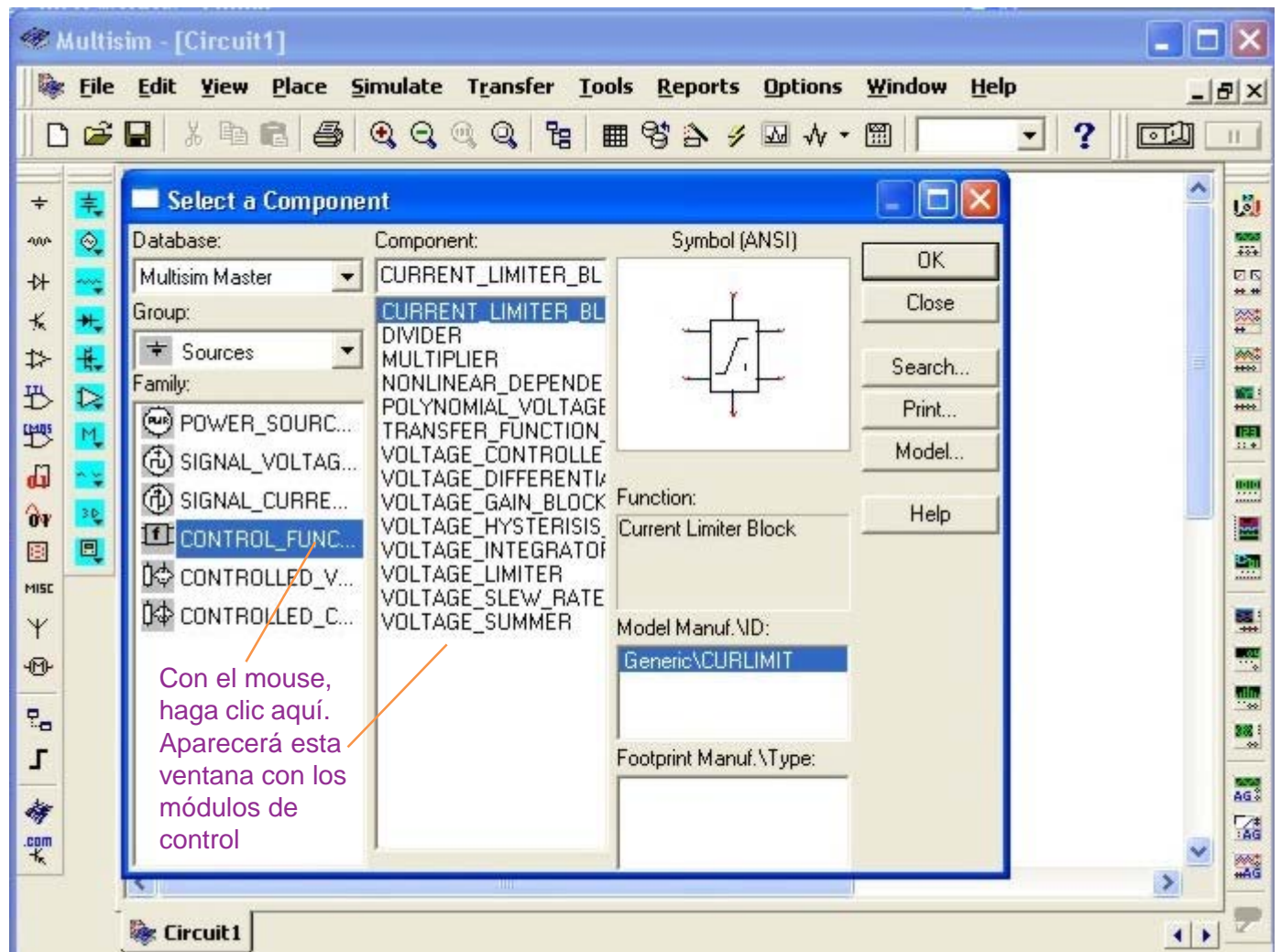
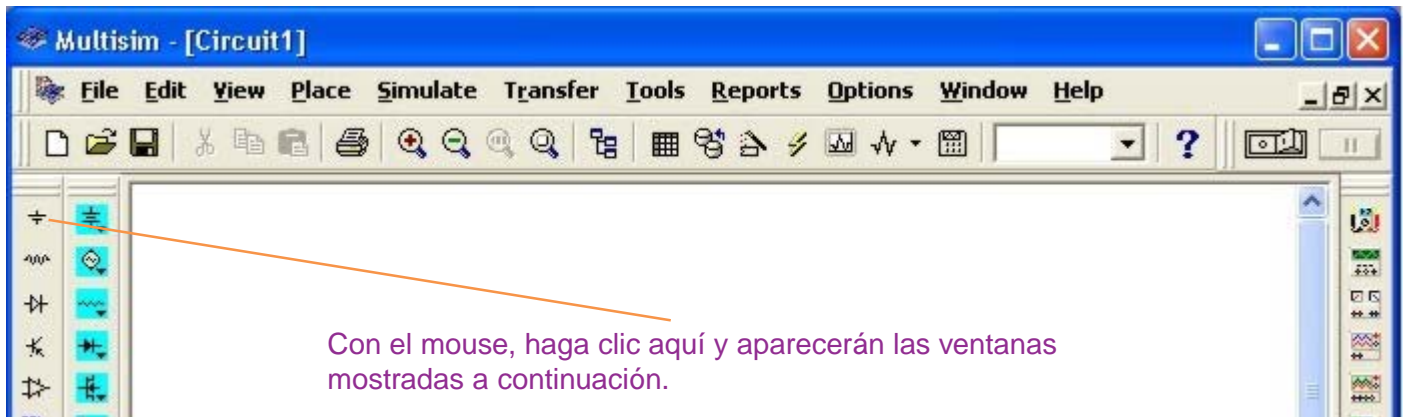
1. **Voltage Gain Block o Controlador Proporcional.**
2. **Voltage Differential o Controlador Derivativo.**
3. **Voltage Integrator o Controlador Integrativo.**
4. **Voltage Summer o Sumador.**

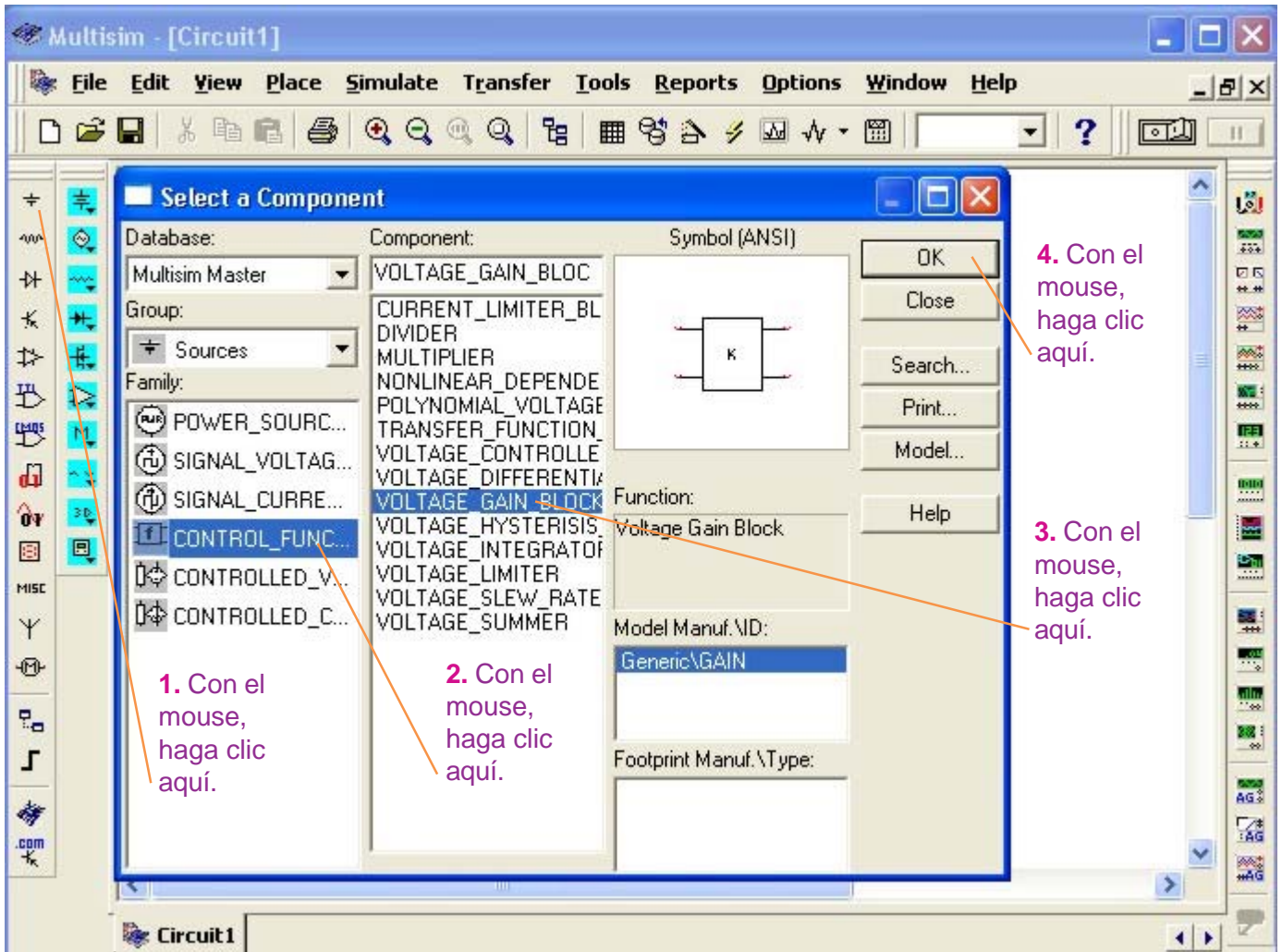
Todos los módulos de control, excepto el Voltage Summer, tienen el esquema siguiente:



Nota: La entrada y/o salida no utilizadas se deben de conectar a tierra.

Para acceder a los módulos de control o Controladores, desde el Multisim, proceda así:





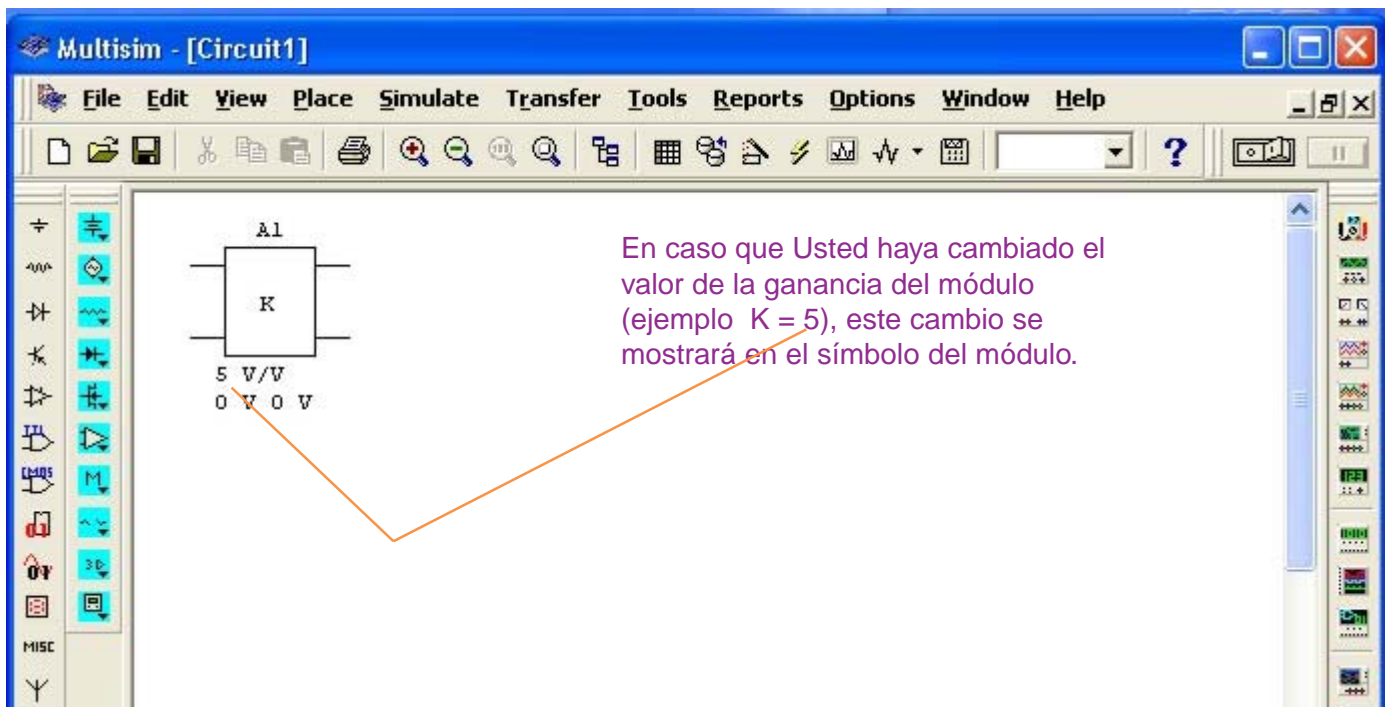
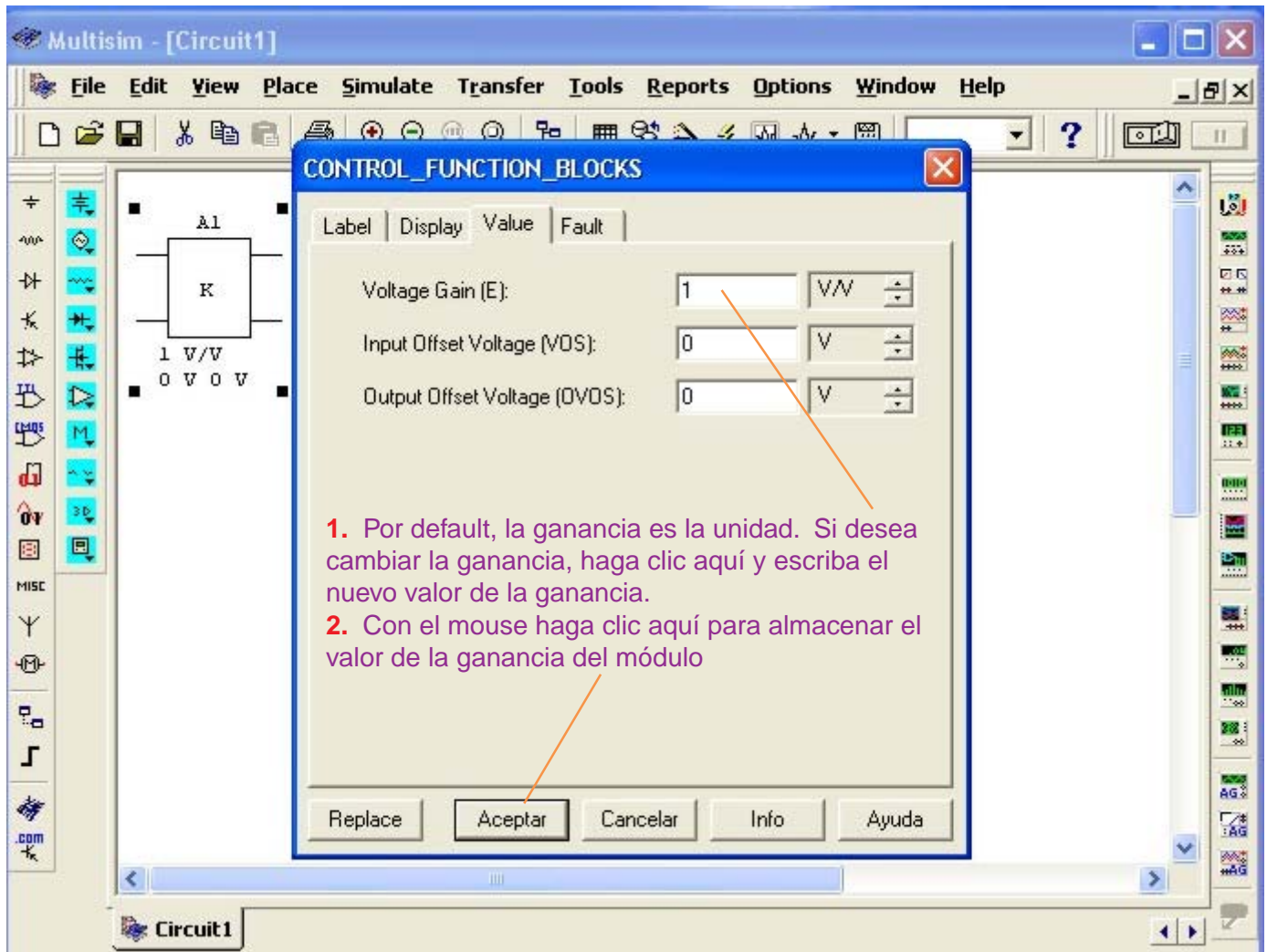
El Voltage Gain Block entrega una señal de salida que resulta de multiplicar el voltaje de entrada por la ganancia (K) del módulo.

Estrictamente, la ecuación del Voltage Gain Block es:

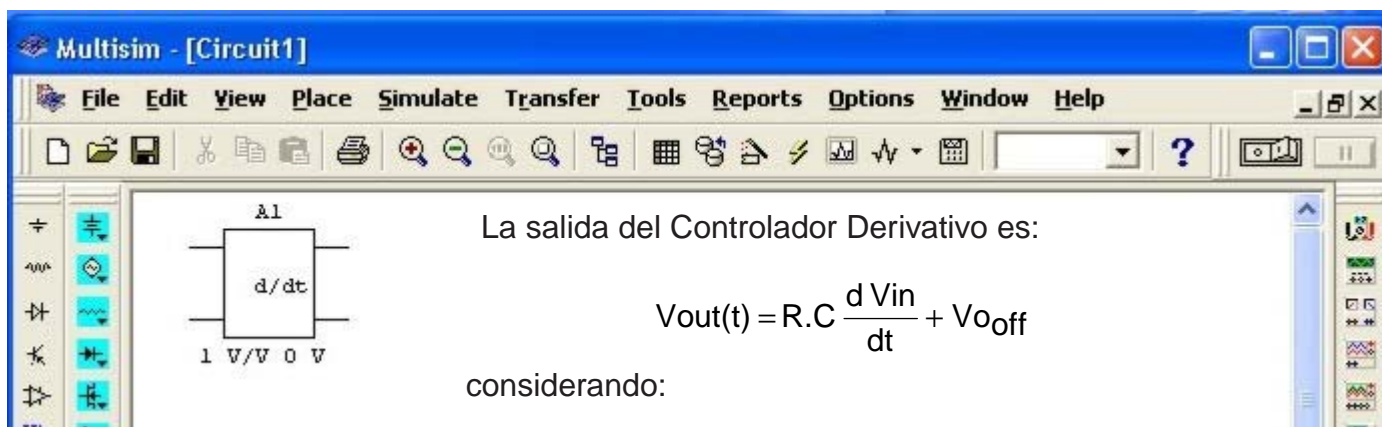
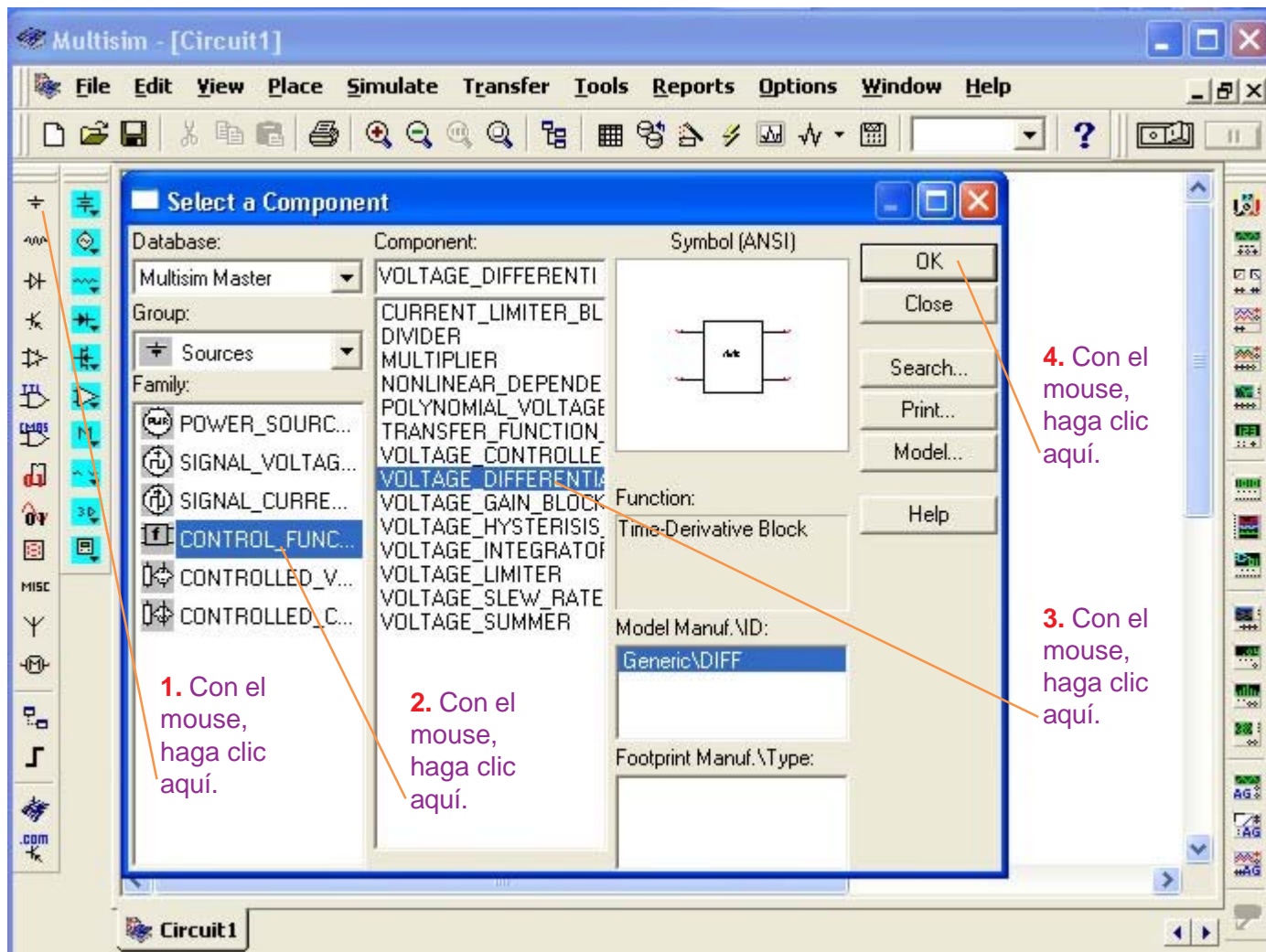
$$V_{out} = k (V_{in} + V_{i_{off}}) + V_{o_{off}}$$

Considerando $V_{i_{off}} = V_{o_{off}} = 0 \implies V_{out} = K (V_{in})$

Para ingresar el parámetro de la ganancia (K), con el mouse haga doble clic en el símbolo del bloque.

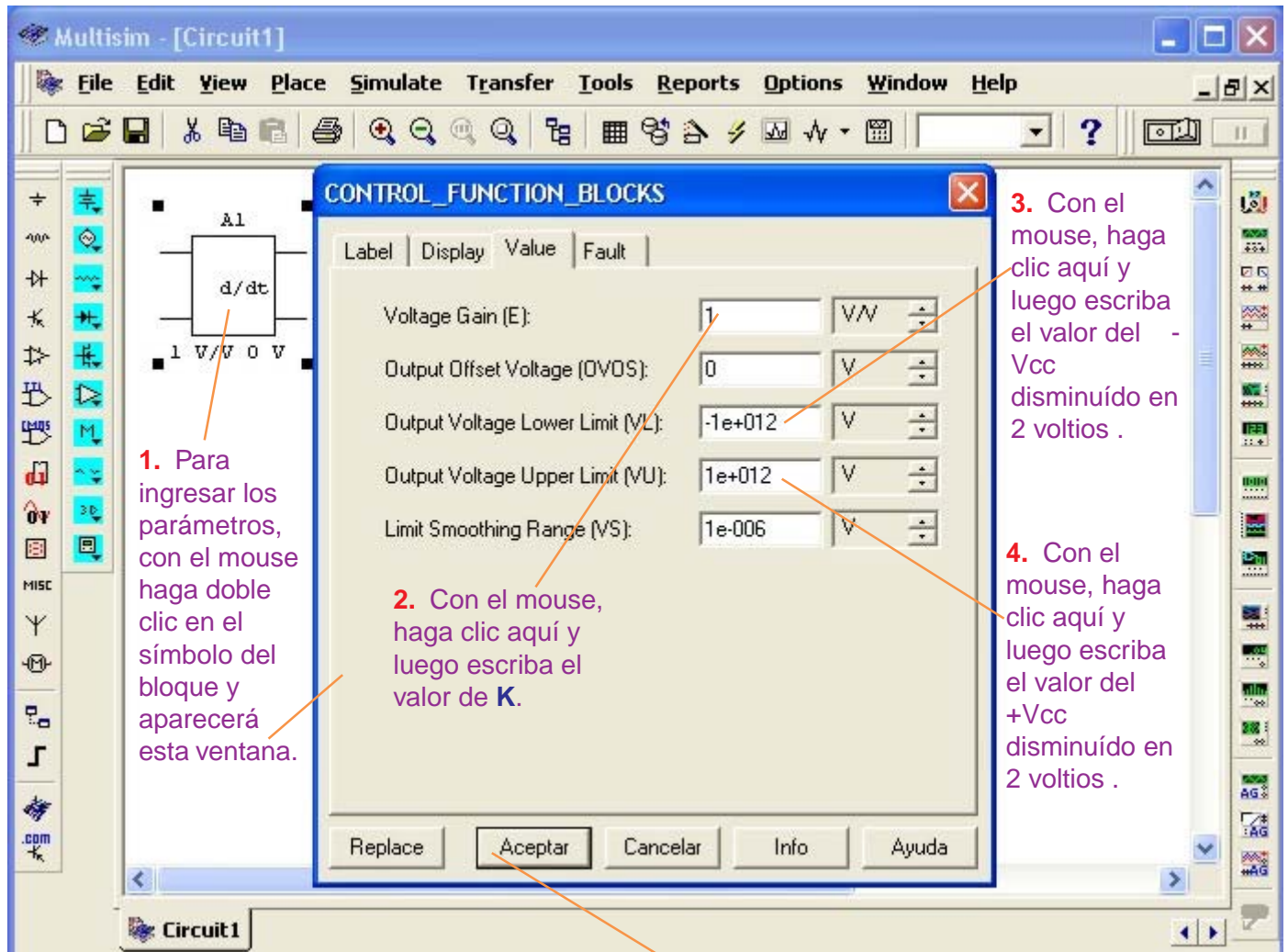


2. Voltage Differential (Controlador Derivativo)



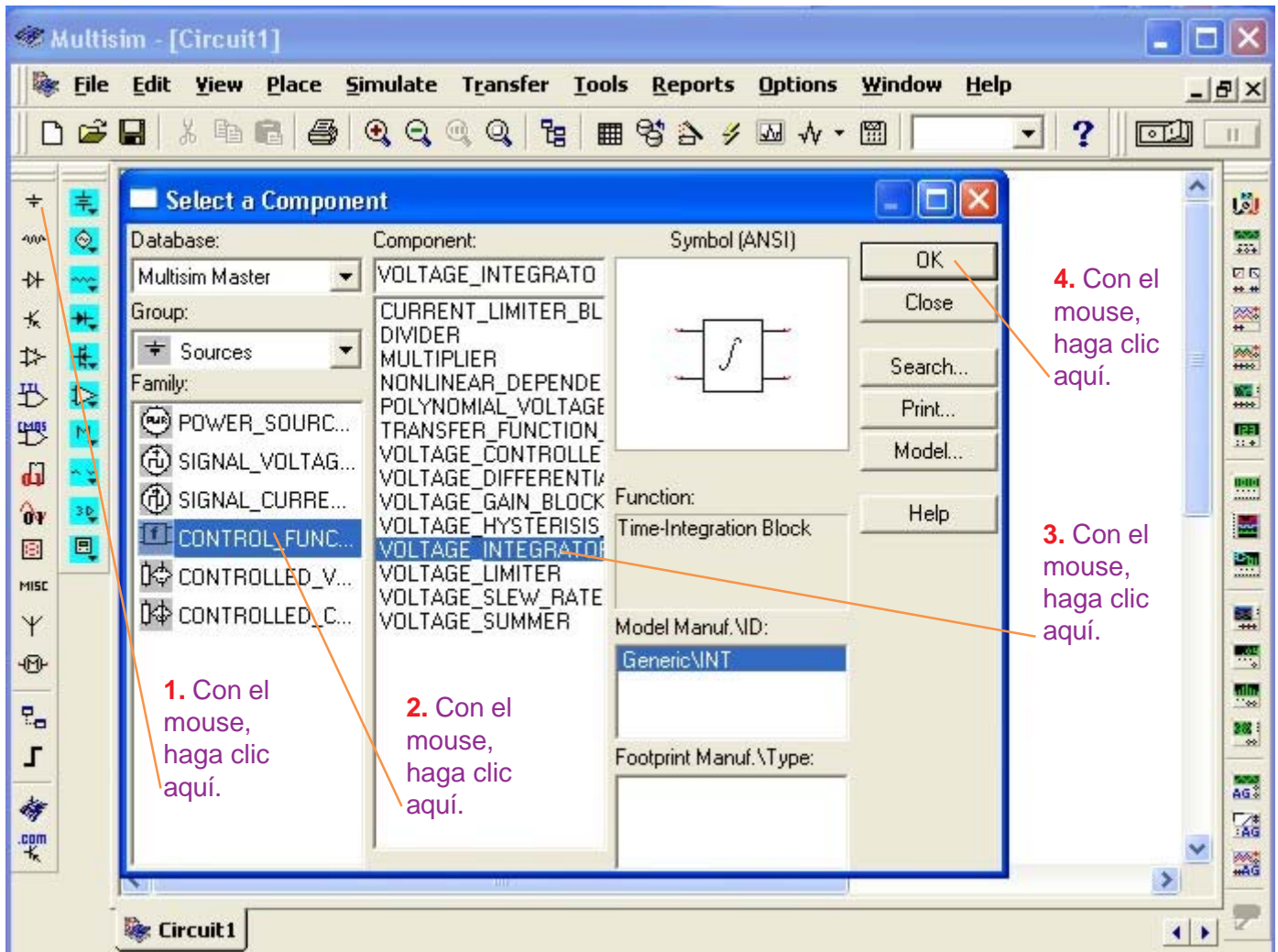
Esta ecuación nos indica que la salida del Controlador Derivativo es el producto de la derivada del voltaje de entrada por la constante **K**. Por este motivo a la constante **K** se le conoce como: **ganancia de voltaje**.

$$V_{out}(t) = K \frac{d V_{in}}{dt}$$



5. Luego de ingresados todos los parámetros, con el mouse, haga clic en **Aceptar**.

3. Voltage Integrator (Controlador Integrativo)



La salida del Controlador Integrativo es:

$$V_{out}(t) = \frac{1}{R.C} \int (V_{in}(t) + V_{i_{off}}) dt + V_{o_{ic}}$$

considerando: $K = \frac{1}{R.C}$ (expresado en segundos)

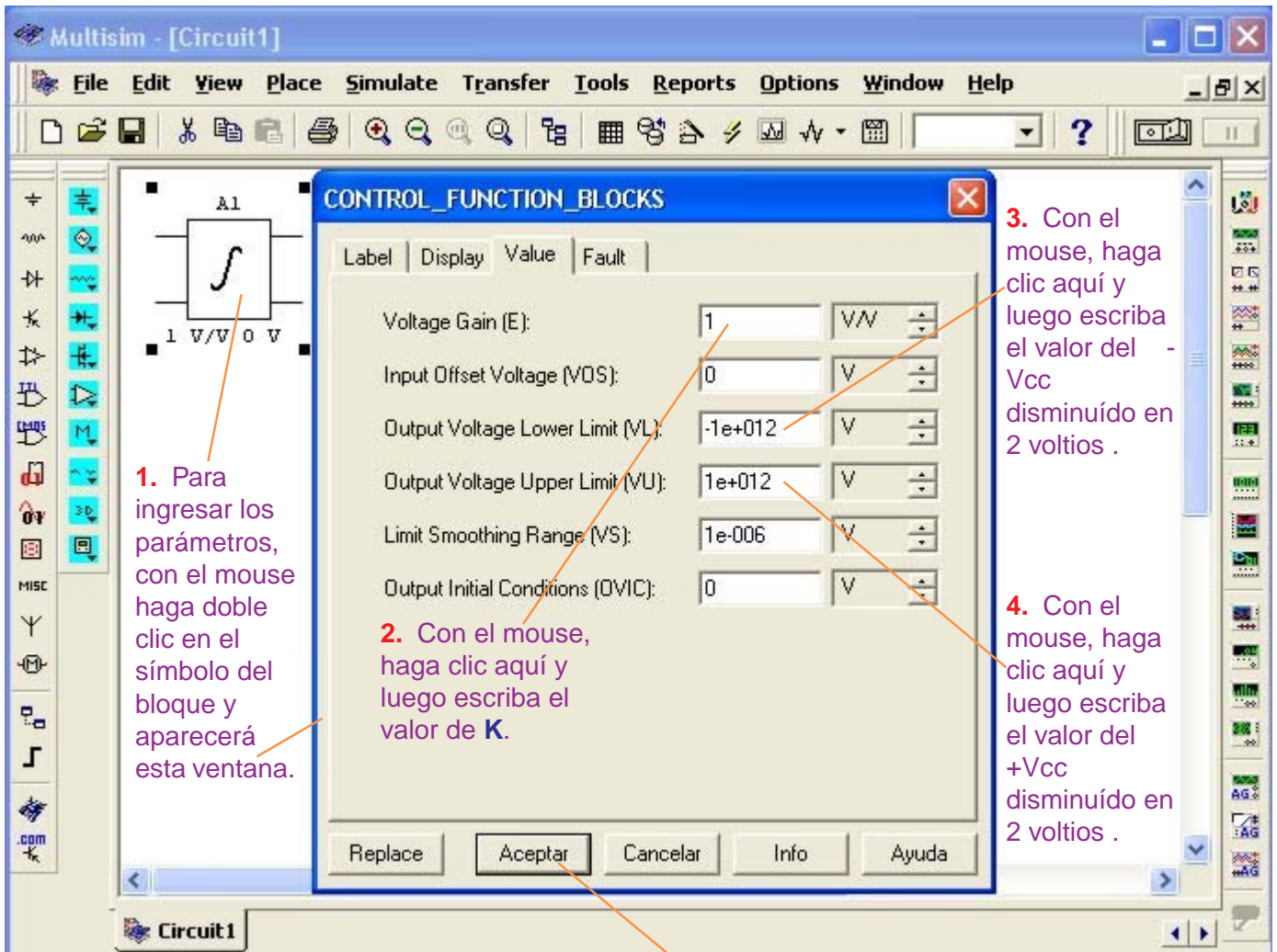
$V_{i_{off}} = 0$ (input offset voltage)

$V_{o_{ic}} = 0$ (output initials conditions)

entonces $V_{out}(t) = K \int v_{in}(t) dt$

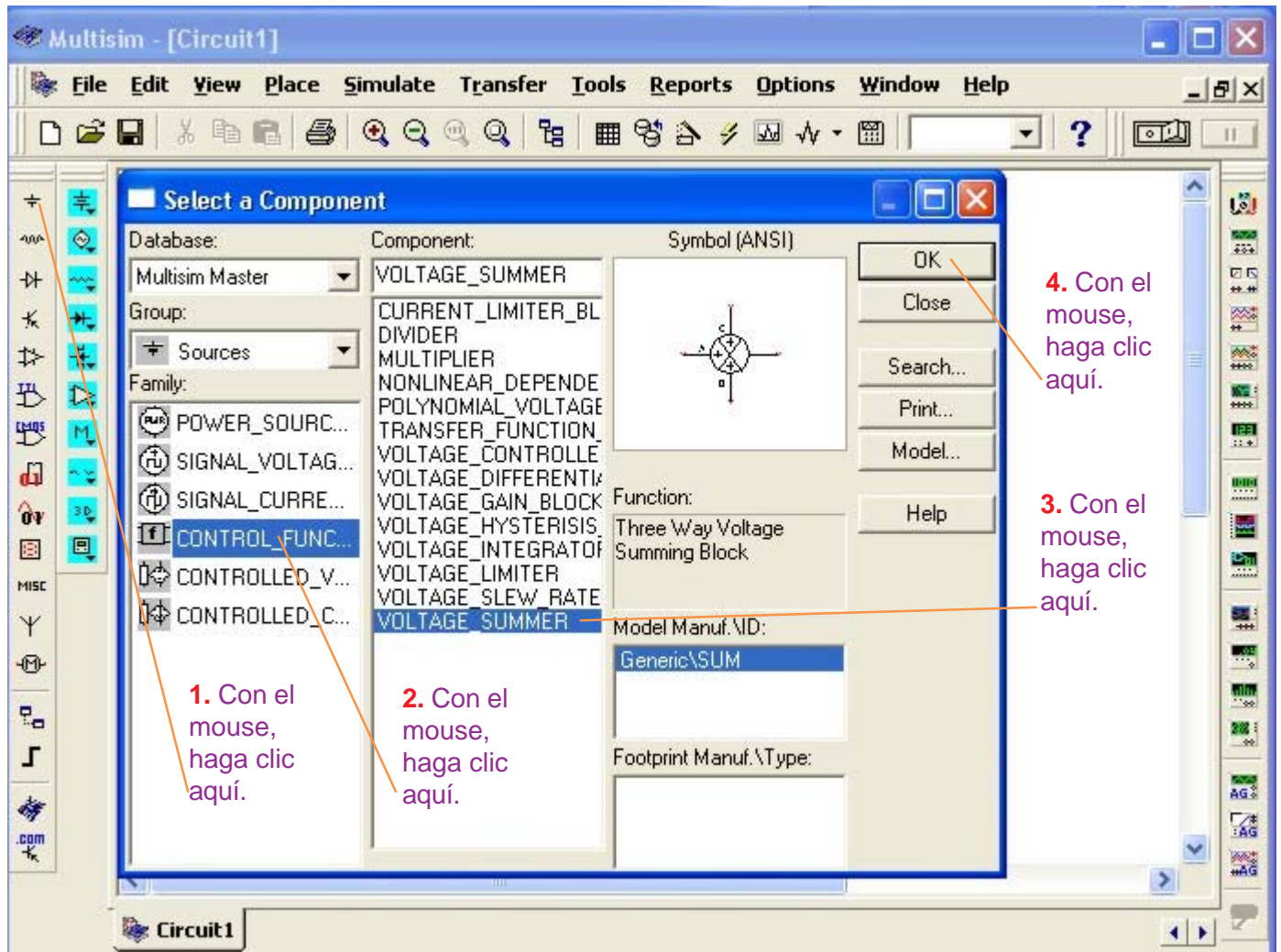
Esta ecuación nos indica que la salida del Controlador Integrativo es el producto de la integral del voltaje de entrada por la constante **K**. A la constante **K** se le conoce como: **ganancia de voltaje**.

$$V_{out}(t) = K \int v_{in}(t) dt$$



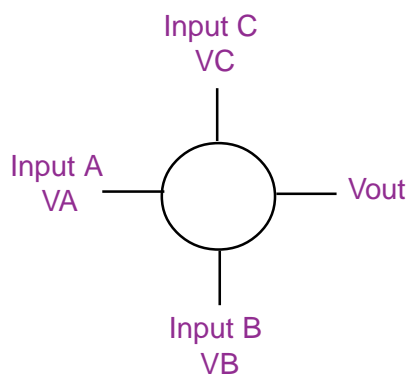
5. Luego de ingresados todos los parámetros, con el mouse, haga clic en **Aceptar**.

4. Voltage Summer (Sumador)



La salida del Sumador es:

$$V_{out} = K_{out} [K_A (V_A + V_{A_{off}}) + K_B (V_B + V_{B_{off}}) + K_C (V_C + V_{C_{off}})] + V_{o_{off}}$$



Bloque del Voltage Summer (Sumador)

considerando:

$$V_{A_{off}} = 0 \text{ (input A offset voltage)}$$

$$V_{B_{off}} = 0 \text{ (input B offset voltage)}$$

$$V_{C_{off}} = 0 \text{ (input C offset voltage)}$$

$$V_{o_{off}} = 0 \text{ (output offset voltage)}$$

entonces:

$$V_{out} = K_{out} (K_A.V_A + K_B.V_B + K_C.V_C)$$

$$V_{out} = K_{out} (K_A \cdot V_A + K_B \cdot V_B + K_C \cdot V_C) \quad (\text{ecuación del Sumador})$$

en donde: K_A : Input A gain (ganancia de la entrada A).
 K_B : Input B gain (ganancia de la entrada B).
 K_C : Input C gain (ganancia de la entrada C).
 K_{out} : Output gain (ganancia de la salida).
 V_A, V_B, V_C : Señales de entrada.

Si consideramos $K_A = K_B = K_C = K_{out} = 1$ entonces la salida del Sumador es igual a la suma aritmética de las señales de entrada.

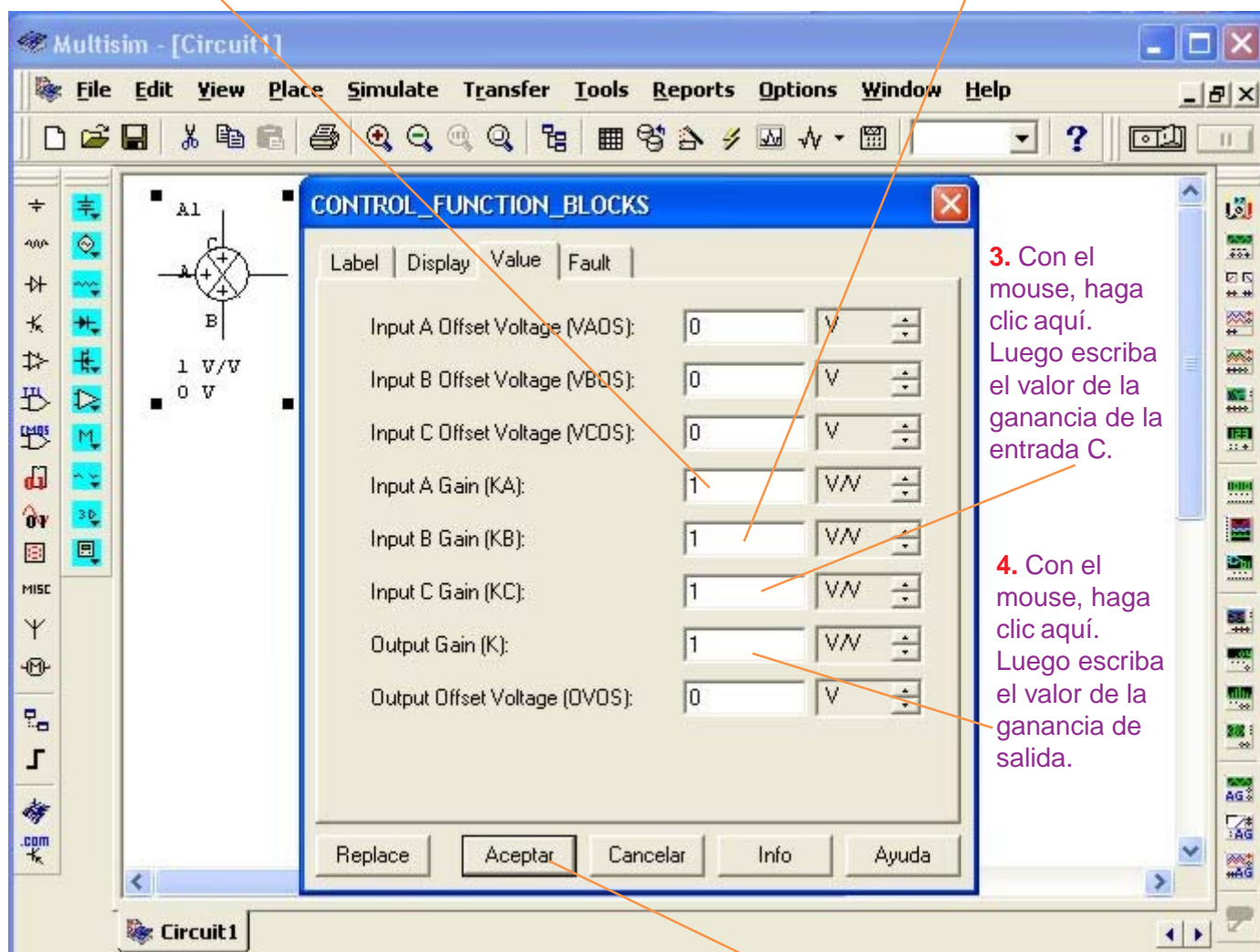
Para ingresar los parámetros del Sumador, proceda de la manera siguiente:

1. Con el mouse, haga clic aquí.
Luego escriba el valor de la ganancia de la entrada A.

2. Con el mouse, haga clic aquí.
Luego escriba el valor de la ganancia de la entrada B.

3. Con el mouse, haga clic aquí.
Luego escriba el valor de la ganancia de la entrada C.

4. Con el mouse, haga clic aquí.
Luego escriba el valor de la ganancia de salida.



5. Luego de ingresados todos los parámetros, con el mouse haga clic en **Aceptar**.

Paso 3: Con el Multisim construimos el circuito siguiente:

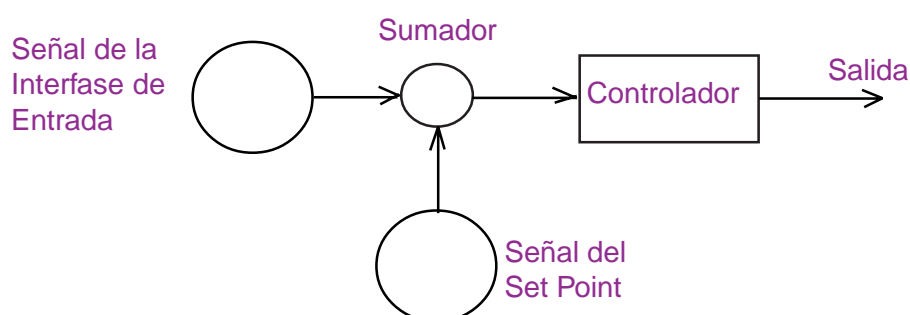


Figura 13. Circuito del Controlador con dos fuentes de señales (Interfase de Entrada y Set Point) y un Sumador.

Paso 4: Incorporamos el Controlador Proporcional (P) y observaremos las señales de la Interfase de Entrada, Set Point, Sumador y salida del Controlador Proporcional.

Paso 5: Reemplazamos el Controlador Proporcional por el Controlador Derivativo (D) y observaremos las señales de la Interfase de Entrada, Set Point, Sumador y salida del Controlador Derivativo.

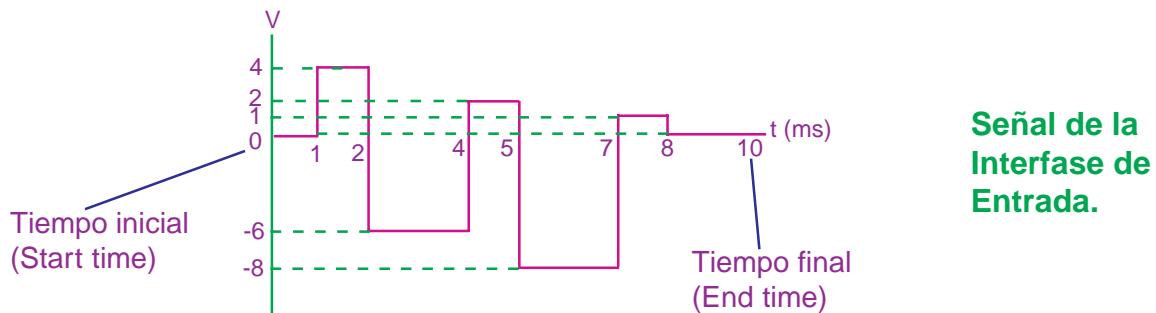
Paso 6: Reemplazamos el Controlador Derivativo por el Controlador Integrativo (I) y observaremos las señales de la Interfase de Entrada, Set Point, Sumador y salida del Controlador Integrativo.

Paso 7: Insertamos los Controladores Proporcional, Derivativo e Integrativo (PID) y observaremos las señales de entrada y salida del PID.

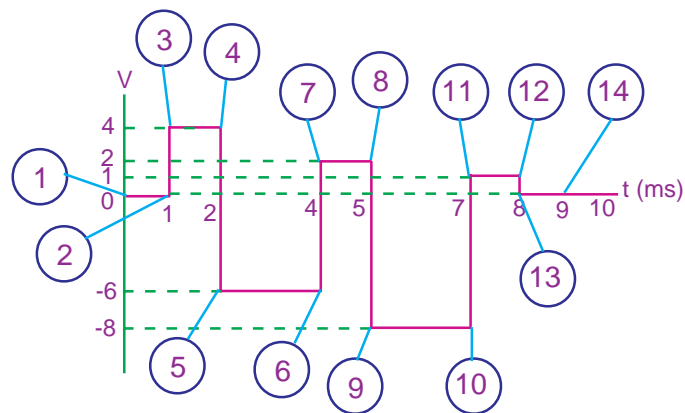
Para desarrollar nuestro ejemplo, considere lo siguiente:

1. El Controlador Proporcional (P) tendrá una ganancia igual a la unidad.
2. Los Controladores Derivativo (D) e Integrativo (I) tendrán una constante $RC = 1$ milisegundo.
3. El Sumador tendrá ganancia igual a la unidad.
4. Todo el sistema electrónico se alimentará con $+VCC = 15$ y $-Vcc = -15$
5. En todos los Controladores, emplee la entrada No-Inversora y la salida Inversora.

Tabulación de la señal de la Interfase de Entrada



Fijamos las coordenadas de los puntos principales de la forma de onda de la Interfase de Entrada.



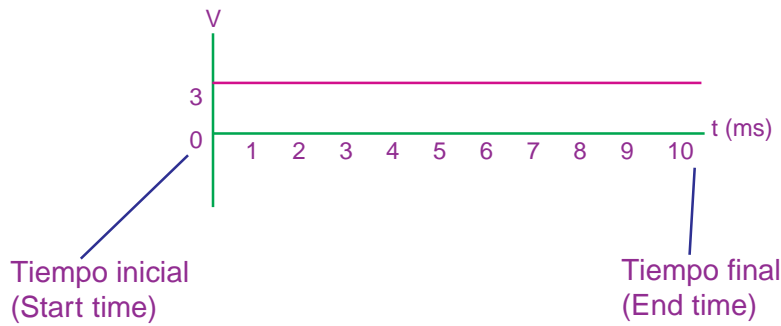
En una tabla, escribimos las coordenadas de los puntos fijados.

Notas

1. En la tabla, se especifica el Time en segundos y el Voltage en voltios.
2. El Multisim trabaja con funciones continuas. Por esta razón, observe que en los puntos 3, 5, 7, 9, 11 y 13, le hemos agregado un millonésimo de segundo para indicarle al Multisim que la señal es una función continua (recuerde que por el estudio de Límites, cuando para un solo valor en el eje «x» le corresponden dos valores diferentes en el eje «y», la función es discontinua)

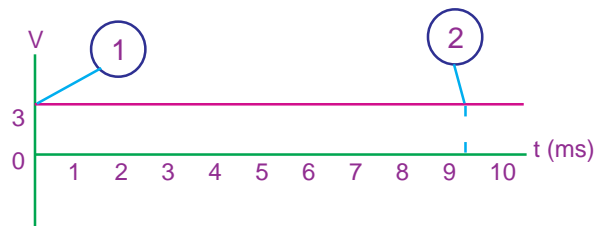
Punto	Time (s)	Voltage
1	0	0
2	0.001	0
3	0.001001	4
4	0.002	4
5	0.002001	-6
6	0.004	-6
7	0.004001	2
8	0.005	2
9	0.005001	-8
10	0.007	-8
11	0.007001	1
12	0.008	1
13	0.008001	0
14	0.009	0

Tabulación de la señal del Set Point



Señal del Set Point.

Fijamos las coordenadas de los puntos principales de la forma de onda del Set Point.

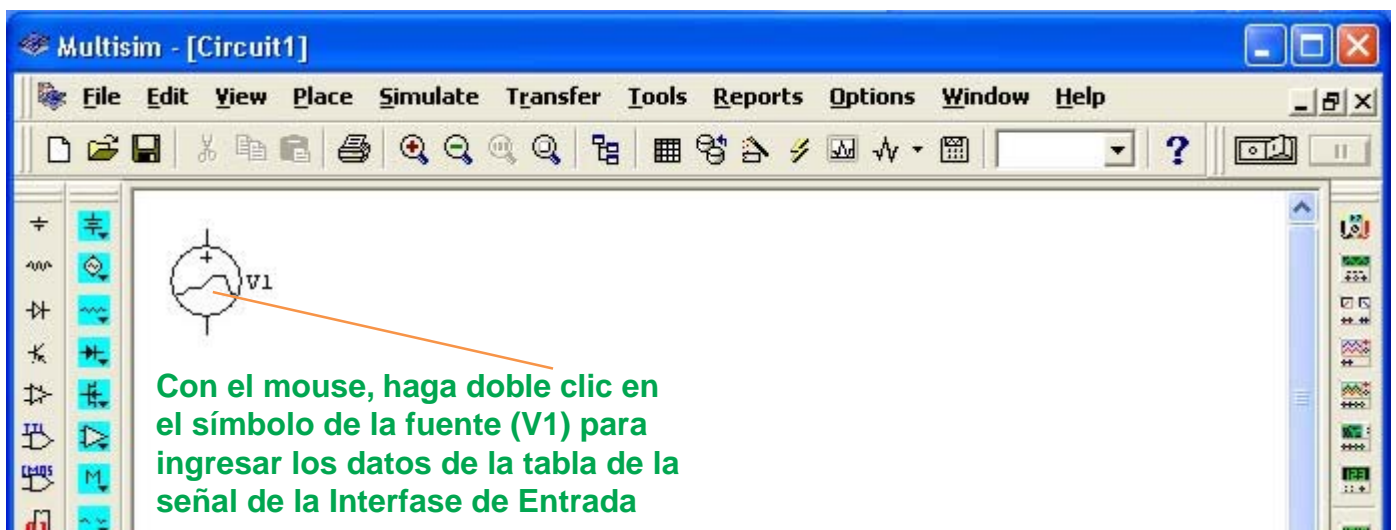
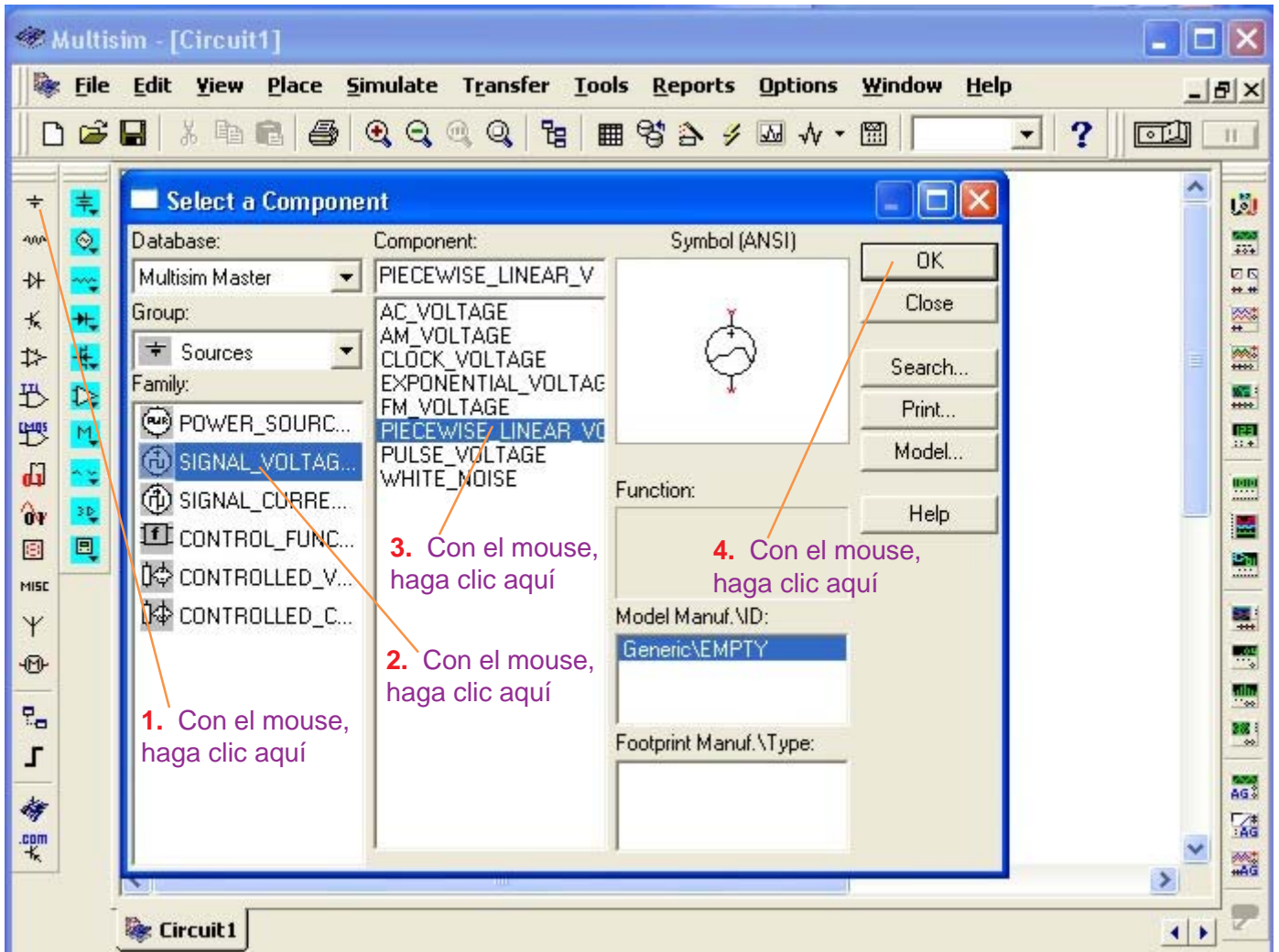


En una segunda tabla, escribimos las coordenadas de los puntos fijados en el paso anterior

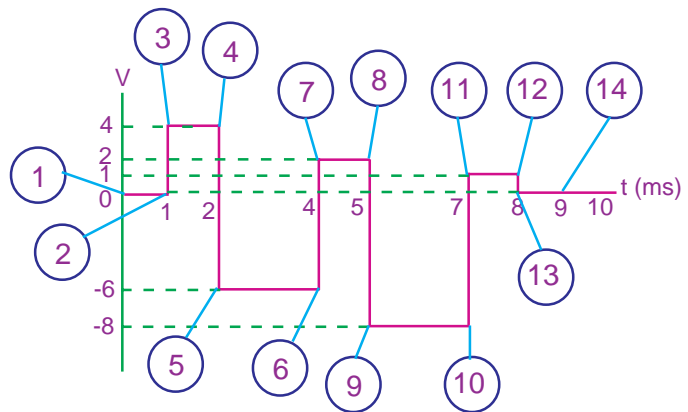
Punto	Time (s)	Voltage
1	0	3
2	0.009	3

En vista que la señal del Set Point es una línea recta, bastará con tomar dos puntos (al comienzo y al final de la recta) para que quede definida matemáticamente.

Almacenamiento de la señal de la Interfase de Entrada en el Multisim



Punto	Time (s)	Voltage
1	0	0
2	0.001	0
3	0.001001	4
4	0.002	4
5	0.002001	-6
6	0.004	-6
7	0.004001	2
8	0.005	2
9	0.005001	-8
10	0.007	-8
11	0.007001	1
12	0.008	1
13	0.008001	0
14	0.009	0



Tabulación de la señal de la Interfase de Entrada

1. Con el mouse, haga clic aquí, luego escriba el segundo Time de la tabla (en nuestro caso es 0.001).

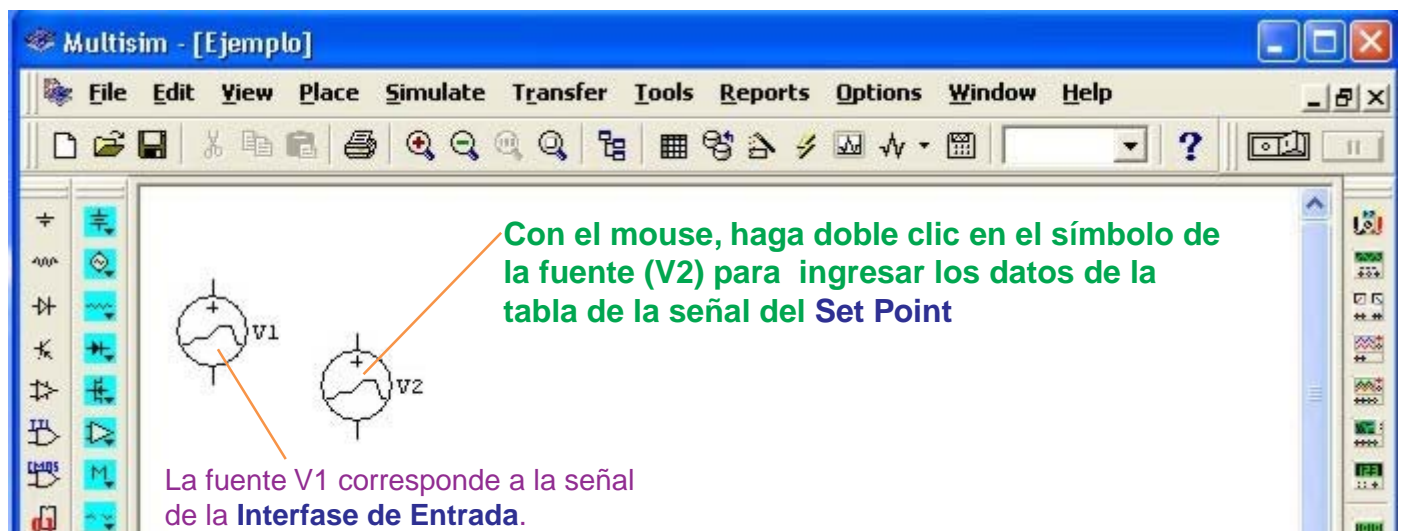
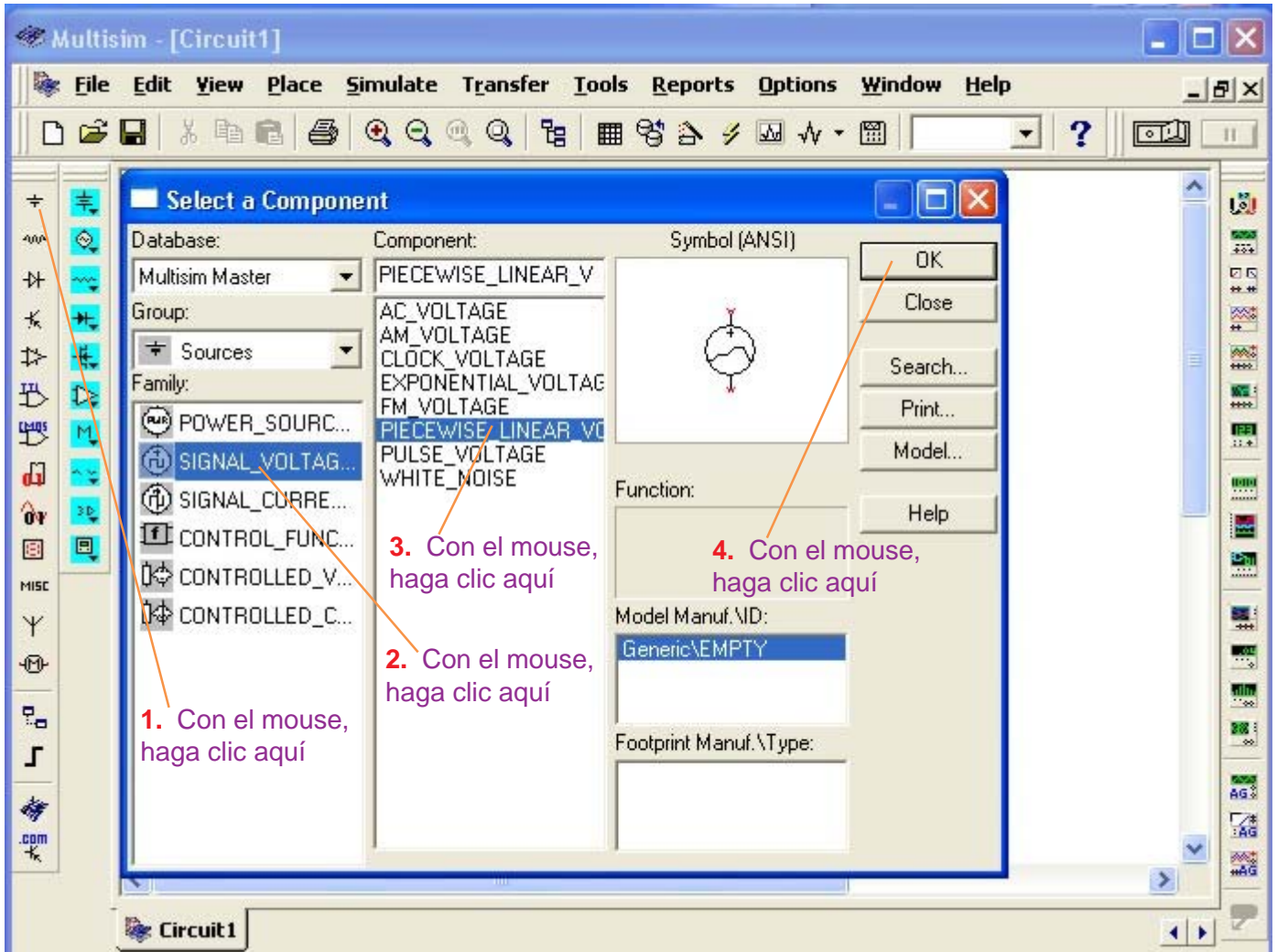
2. Con las llaves de cursor del teclado, ubíquese aquí y escriba el segundo Voltage de la tabla (en nuestro caso es cero).

3. Con las llaves de cursor del teclado, ubíquese aquí y escriba el tercer Time de la tabla (en nuestro caso es 0.001001).

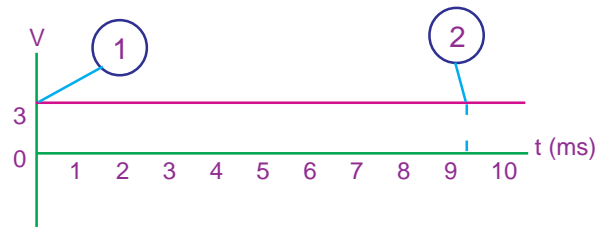
4. Con las llaves de cursor del teclado, ubíquese aquí y escriba el tercer Voltage de la tabla (en nuestro caso es 4) y así sucesivamente.

Luego de haber ingresado los catorce puntos de la señal de la Interfase de Entrada; con el mouse haga clic en **Aceptar** para grabar la información

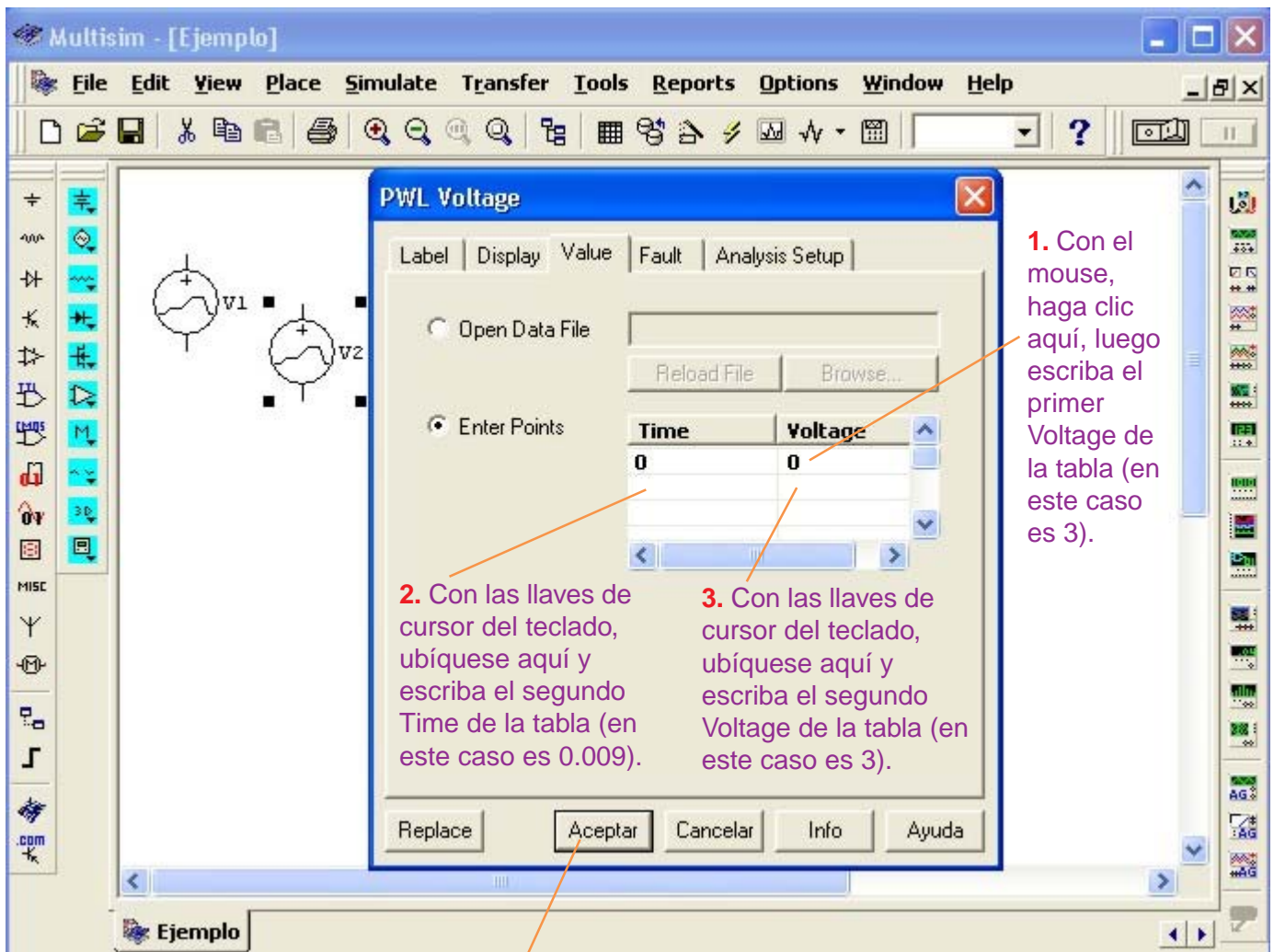
Almacenamiento de la señal del Set Point en el Multisim.



Punto	Time (s)	Voltage
1	0	3
2	0.009	3



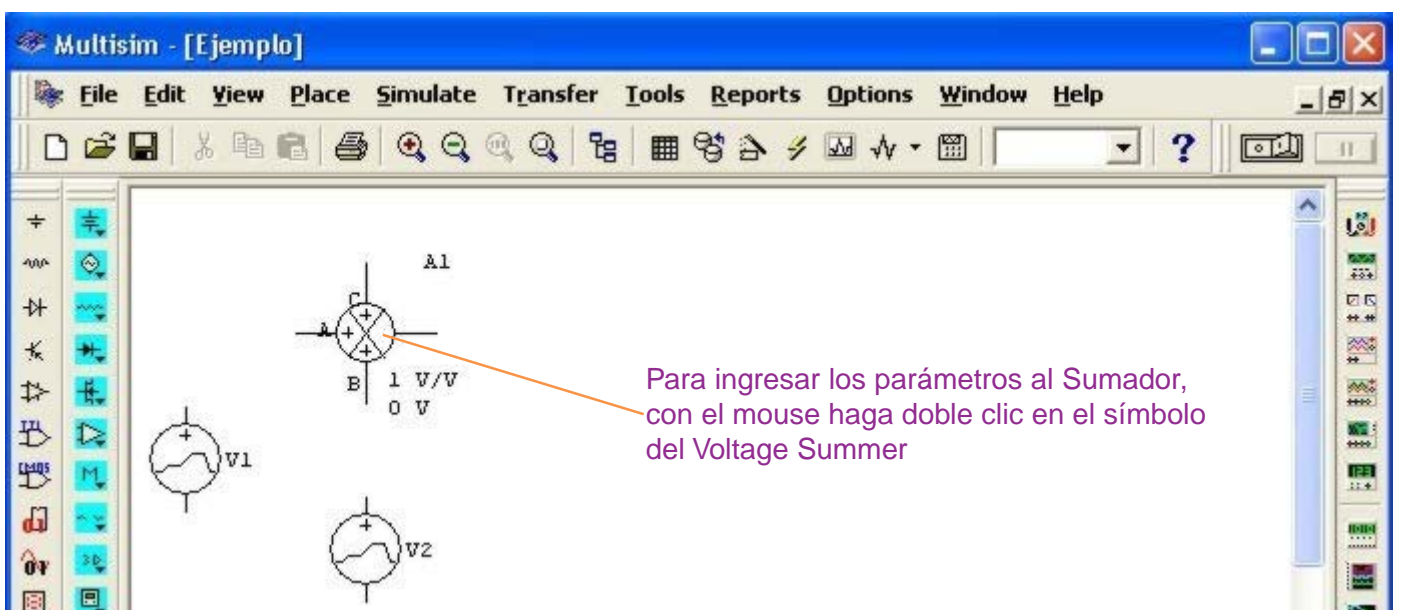
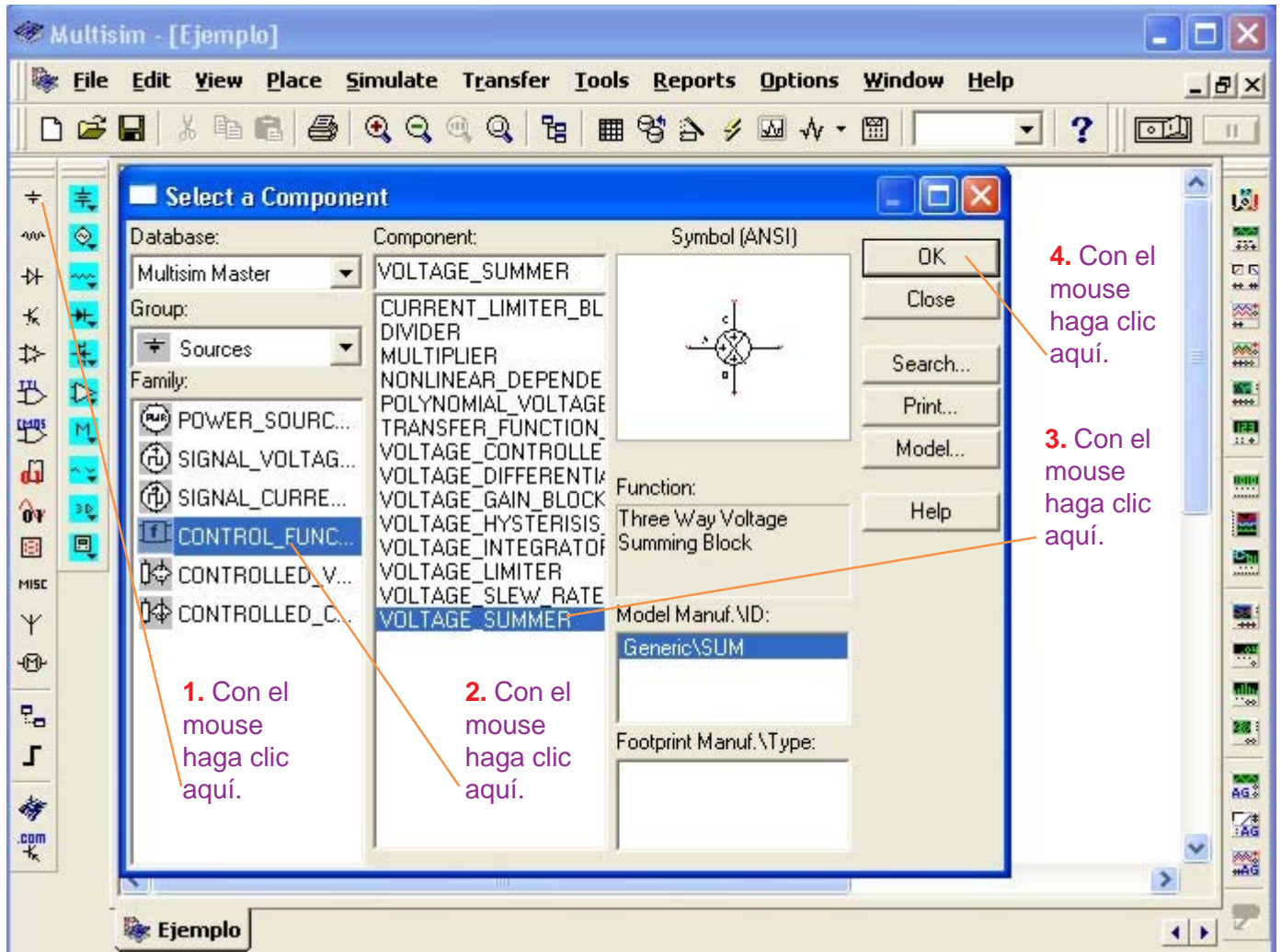
Tabulación de la señal del Set Point.

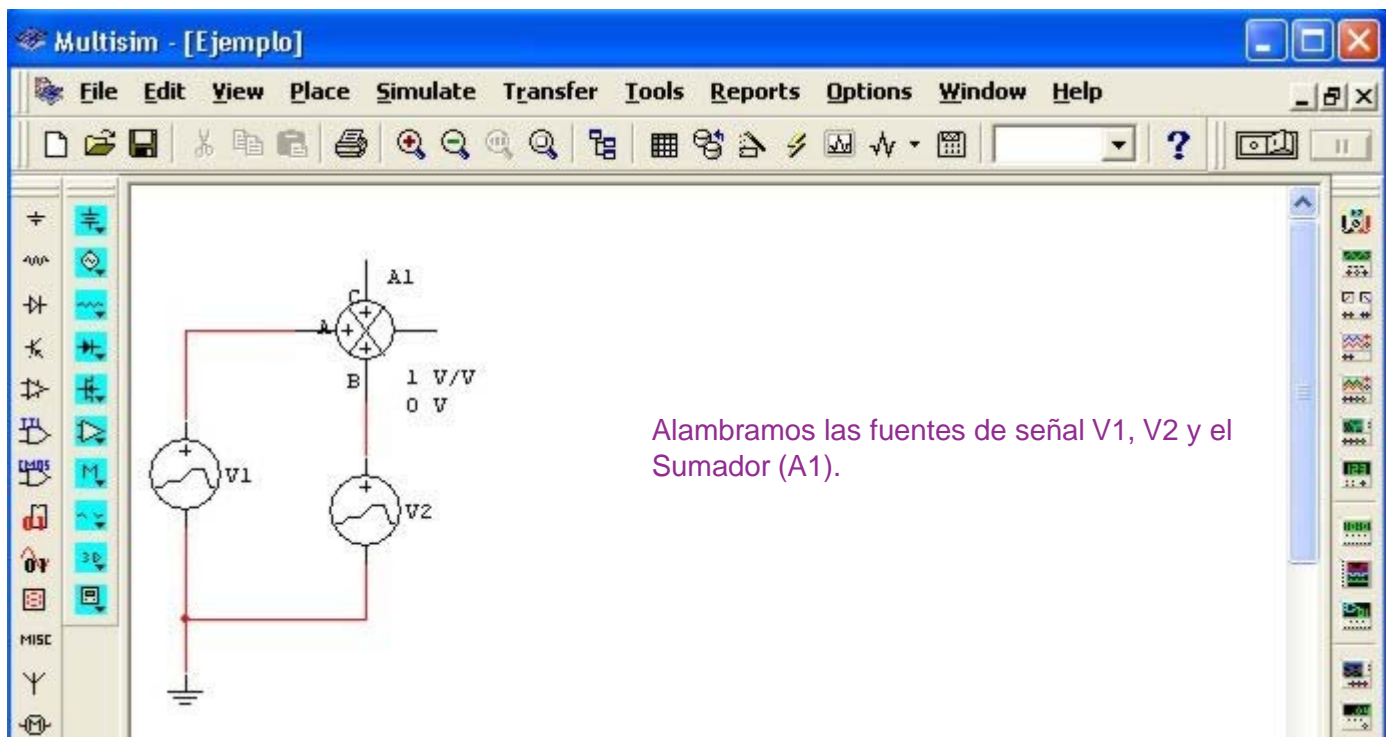
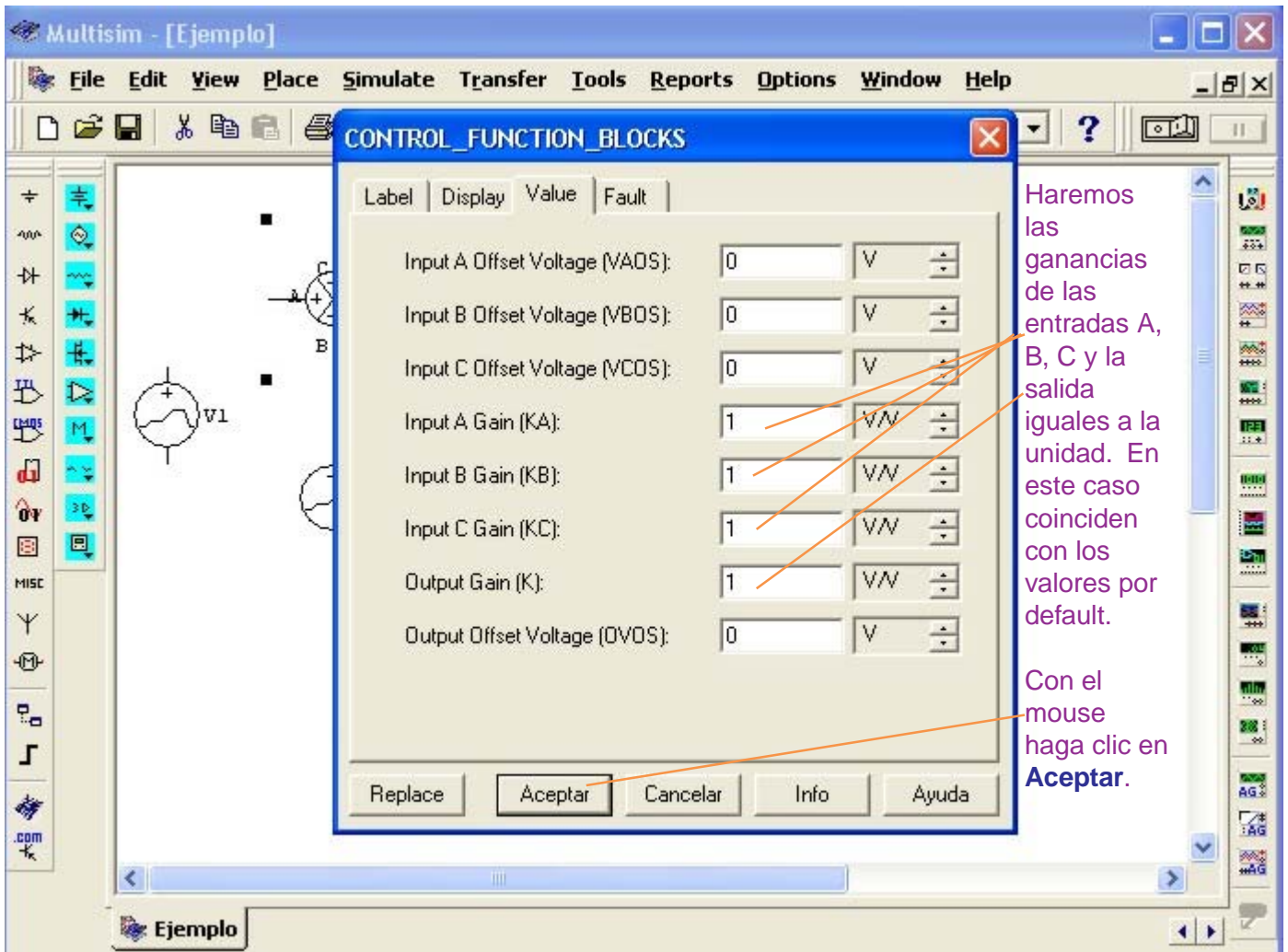


Luego de haber ingresado los dos puntos de la señal del Set Point; con el mouse haga clic en **Aceptar** para grabar la información

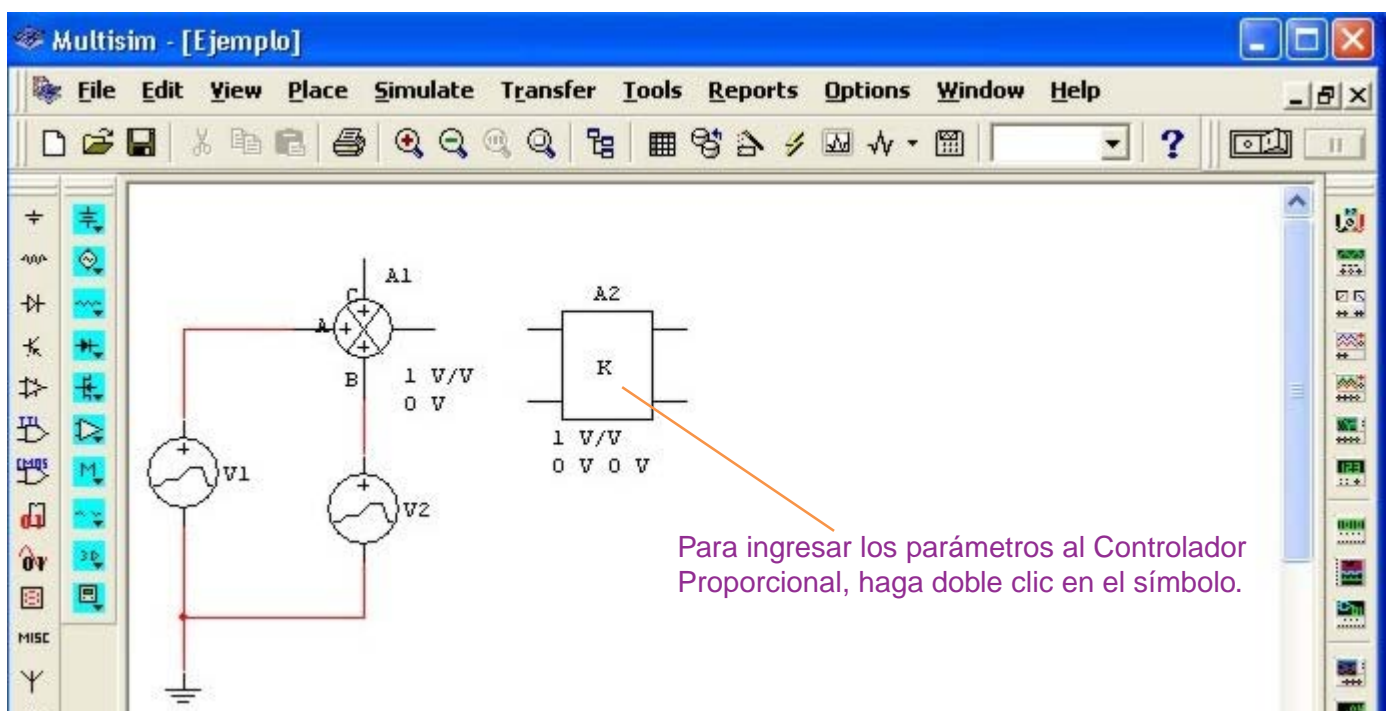
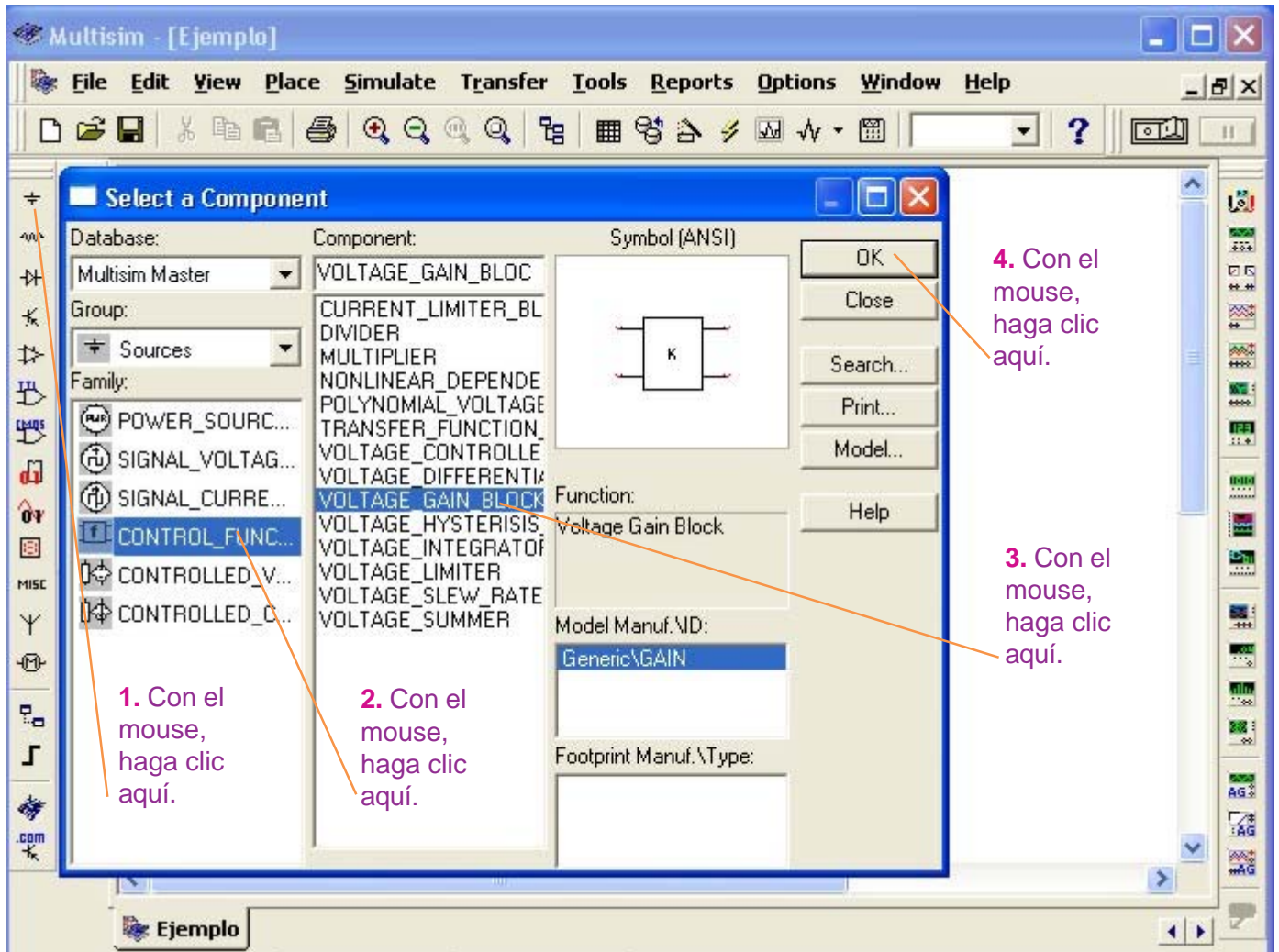
El Sumador con las señales de la Interfase de Entrada y Set Point.

Insertaremos el **Sumador**.





El Controlador Proporcional con el Sumador y señales de entrada.



CONTROL_FUNCTION_BLOCKS

Label	Display	Value	Fault
Voltage Gain (E):		1 V/V	
Input Offset Voltage (VOS):		0 V	
Output Offset Voltage (OVOS):		0 V	

De acuerdo a las consideraciones del ejemplo, la ganancia del Controlador Proporcional es igual a la unidad. En este caso no hacemos ninguna variación.

Con el mouse haga clic en **Aceptar**.

Replace Aceptar Cancelar Info Ayuda

Esta es la entrada No Inversora

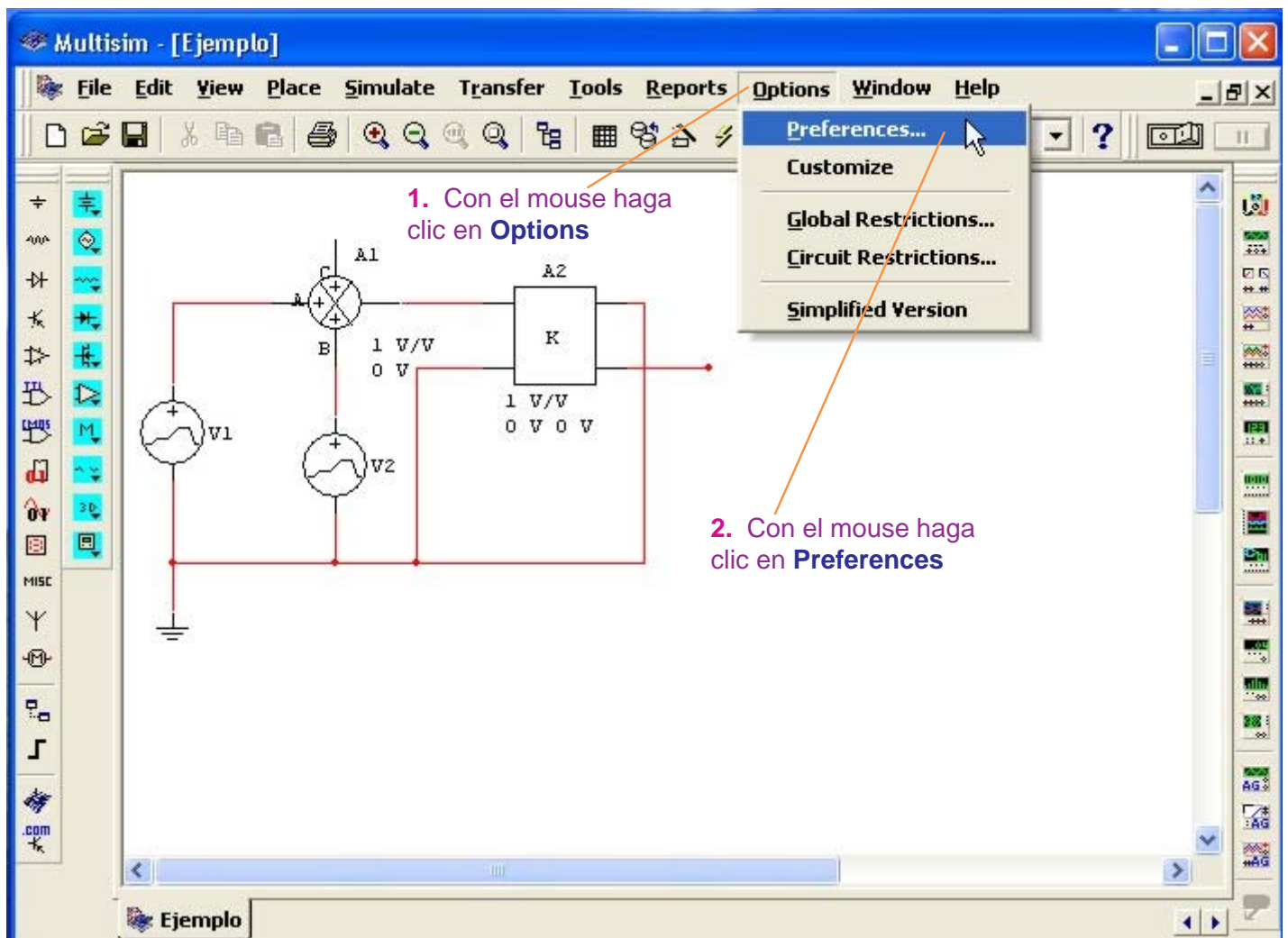
Esta es la salida Inversora

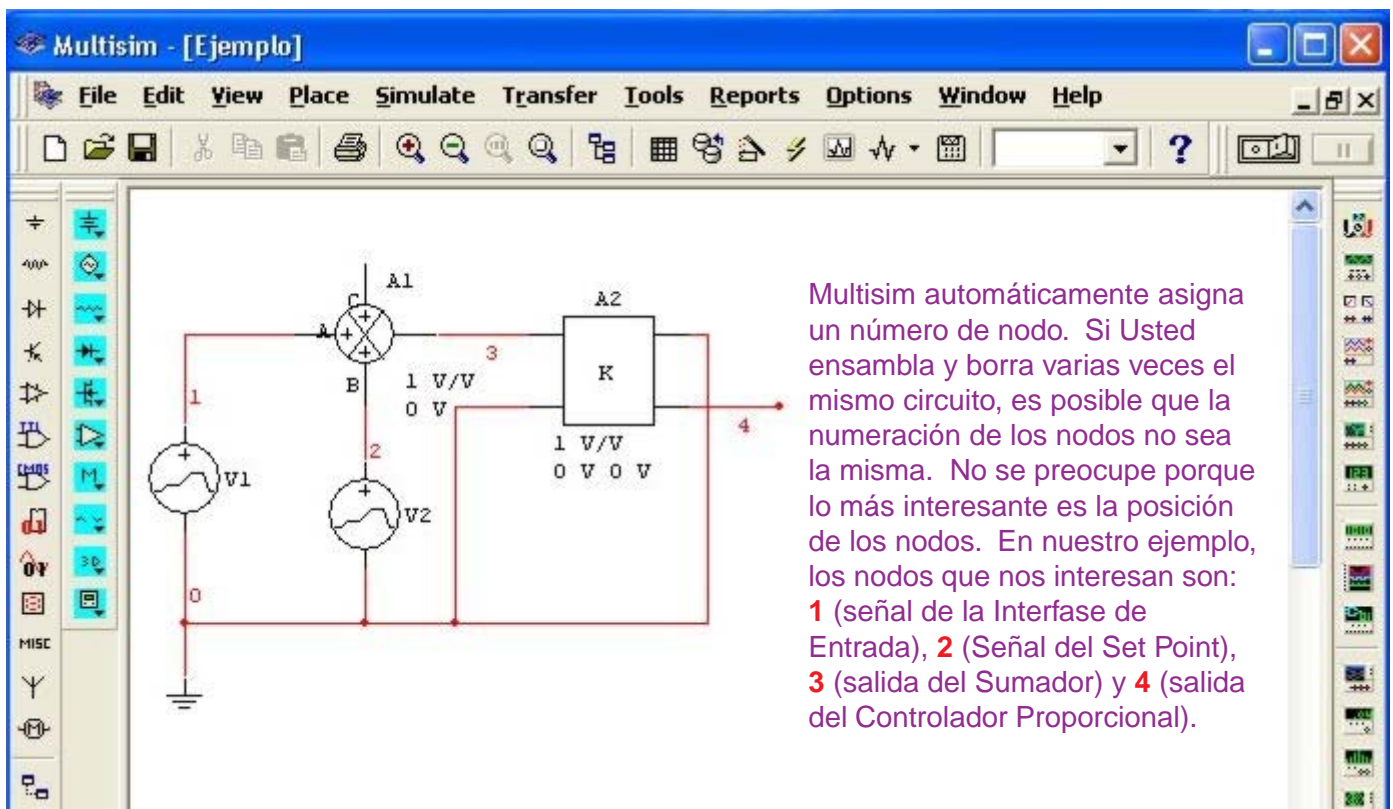
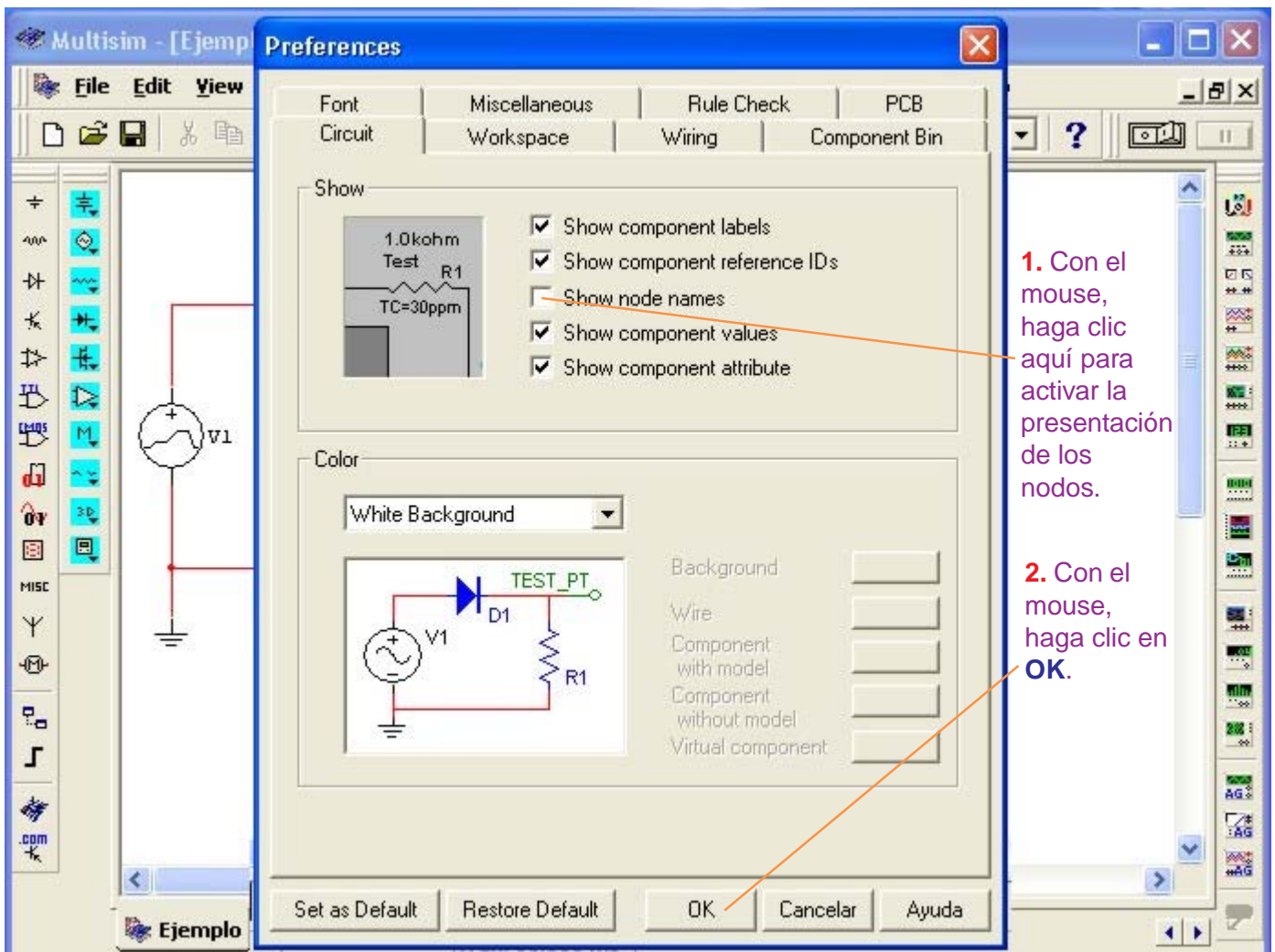
Alambramos el Controlador con los otros componentes del circuito. Recuerde que la salida y entrada no utilizadas se deben de conectar a tierra.

Activación de los Nodos en el Circuito, con Multisim

Un nodo es un punto de unión de dos o más componentes en un circuito. El nodo es importante porque sirve como punto de referencia para observar los gráficos que querramos en puntos específicos del circuito.

Por esta razón conviene activar la presentación de los nodos, en caso que no esté activada, del modo siguiente:

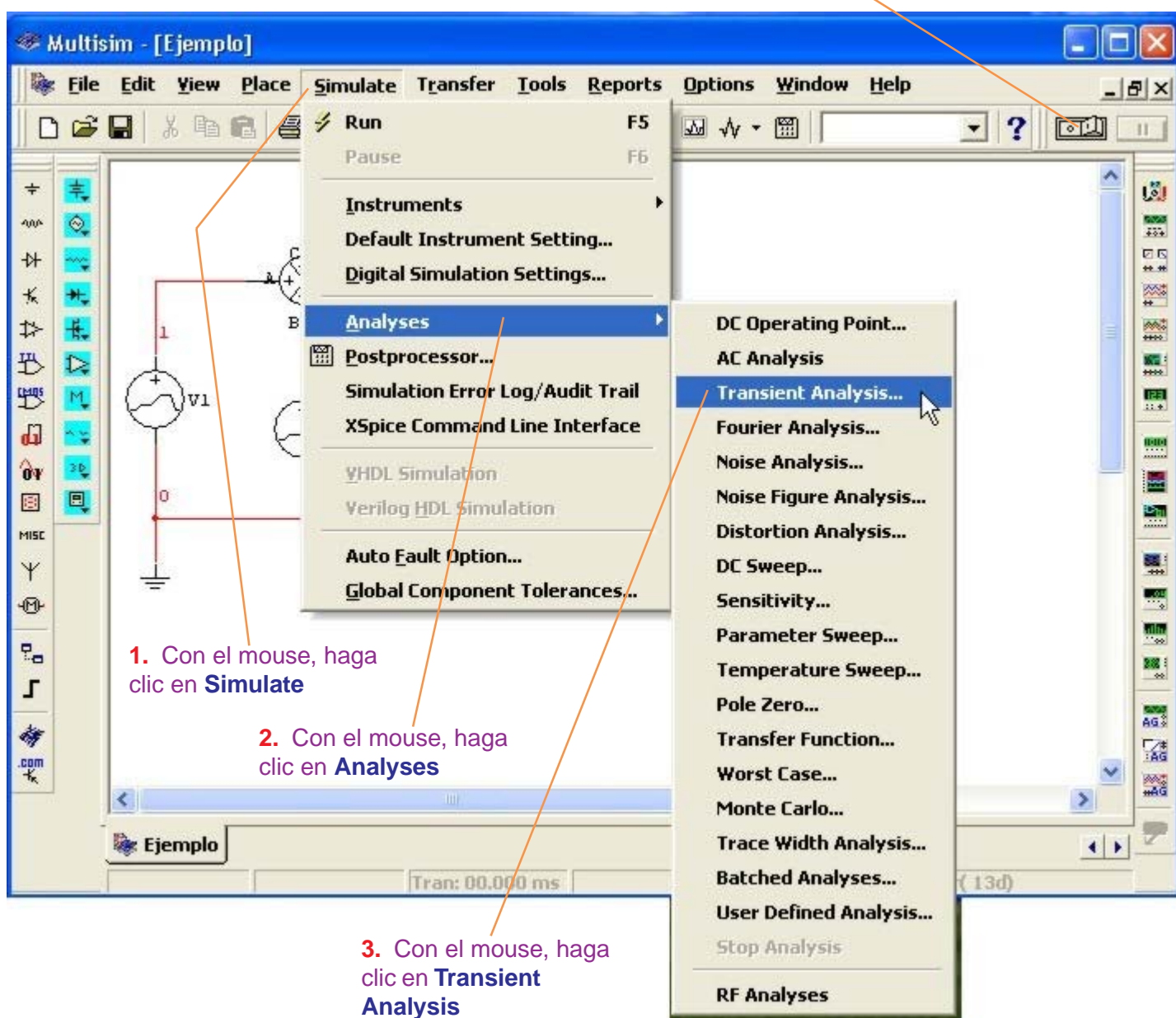


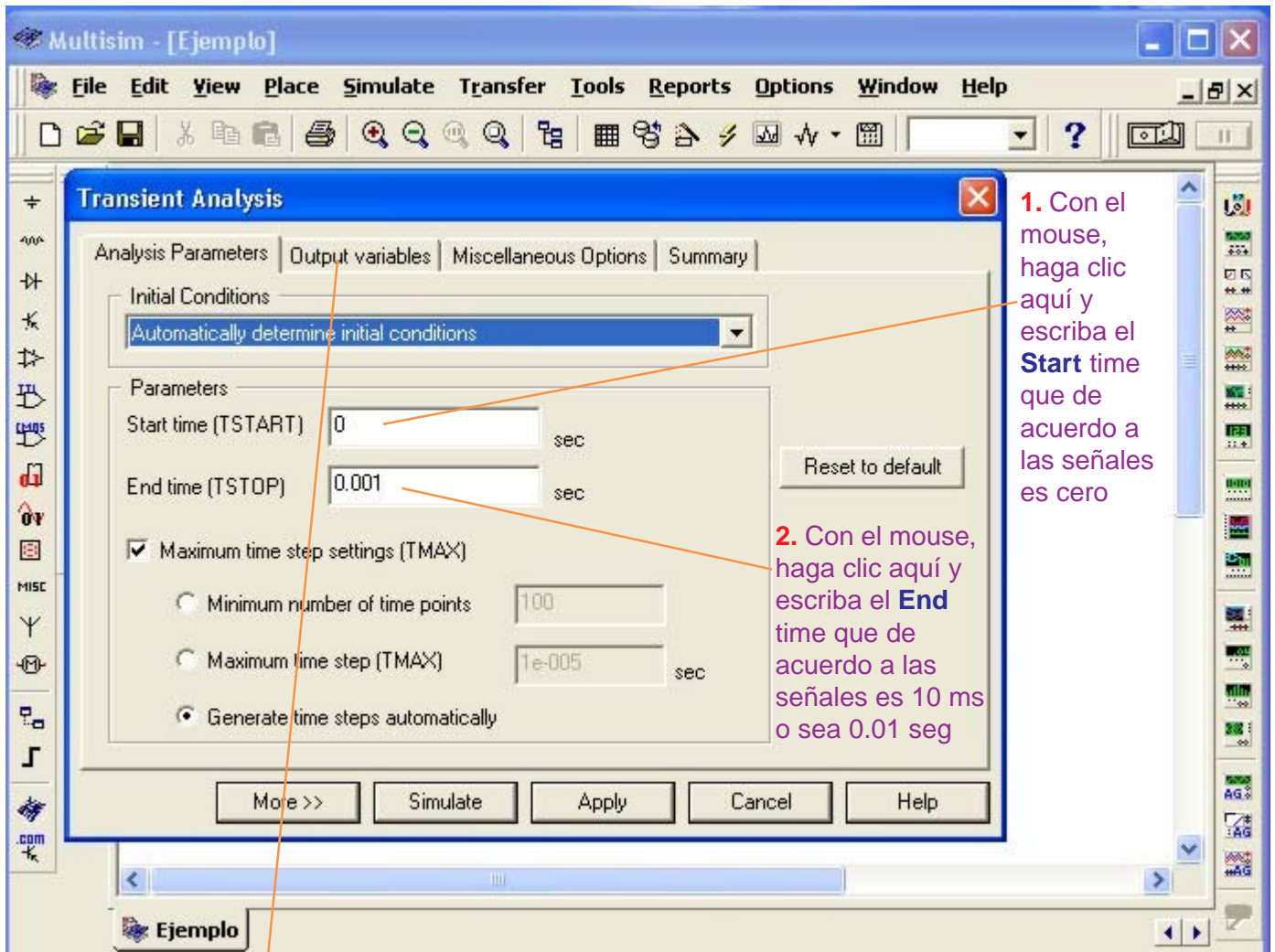


Configuración del Análisis Transiente para el Controlador Proporcional.

NO ENCIENDA EL SWITCH del Multisim.

Siga el procedimiento siguiente:

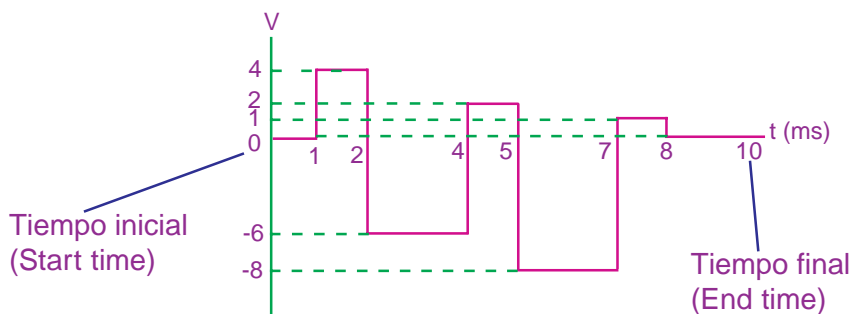




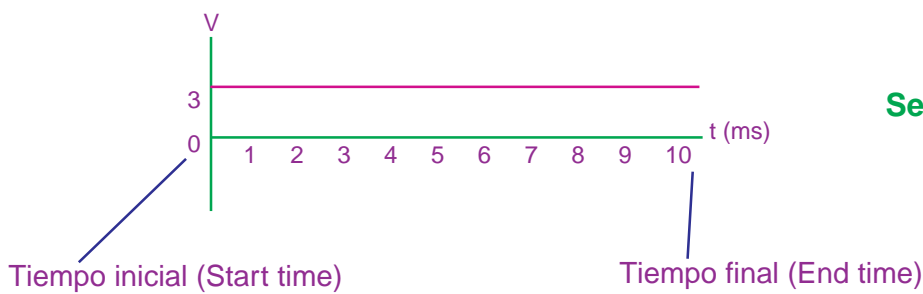
1. Con el mouse, haga clic aquí y escriba el Start time que de acuerdo a las señales es cero

2. Con el mouse, haga clic aquí y escriba el End time que de acuerdo a las señales es 10 ms o sea 0.01 seg

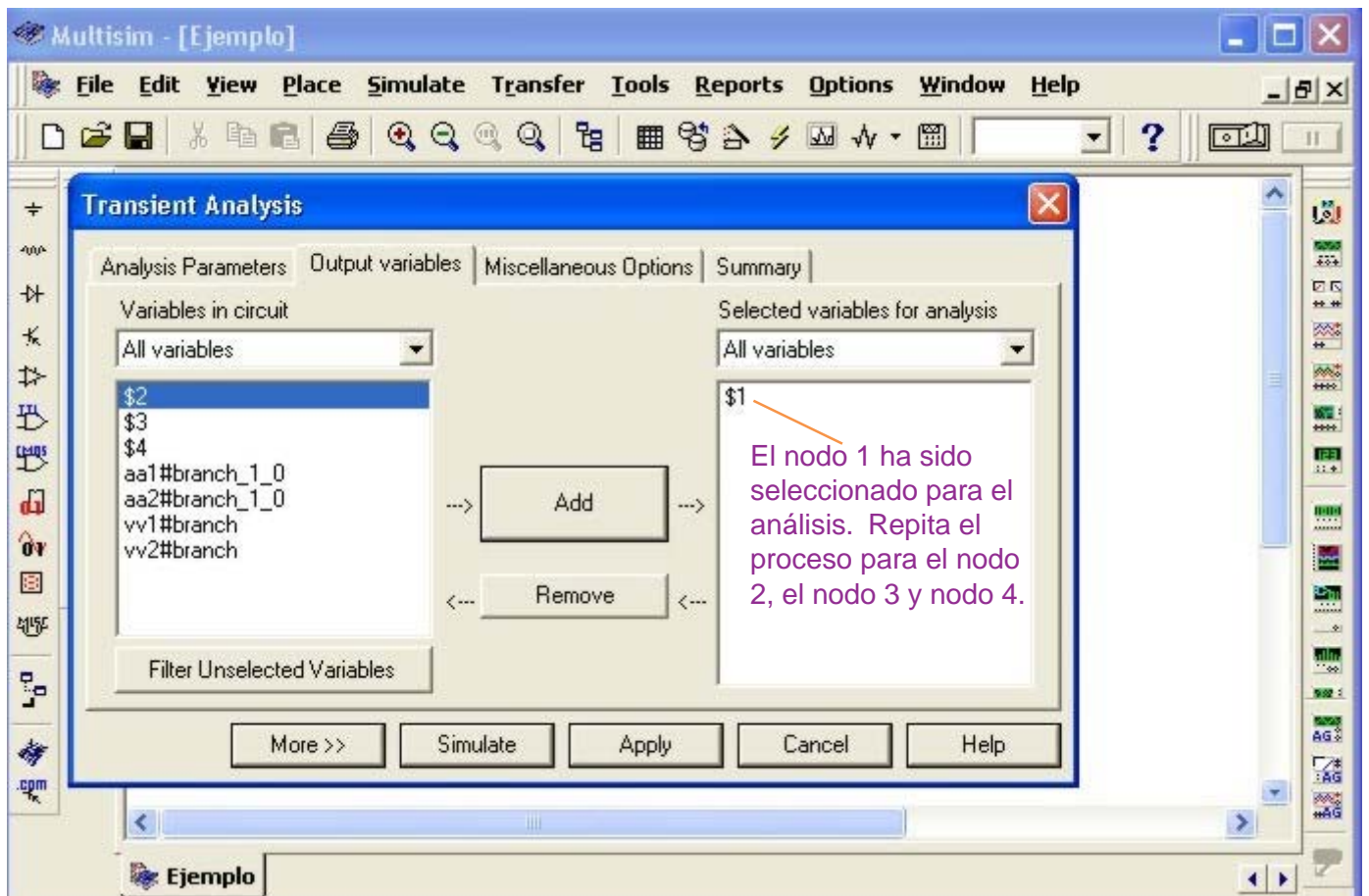
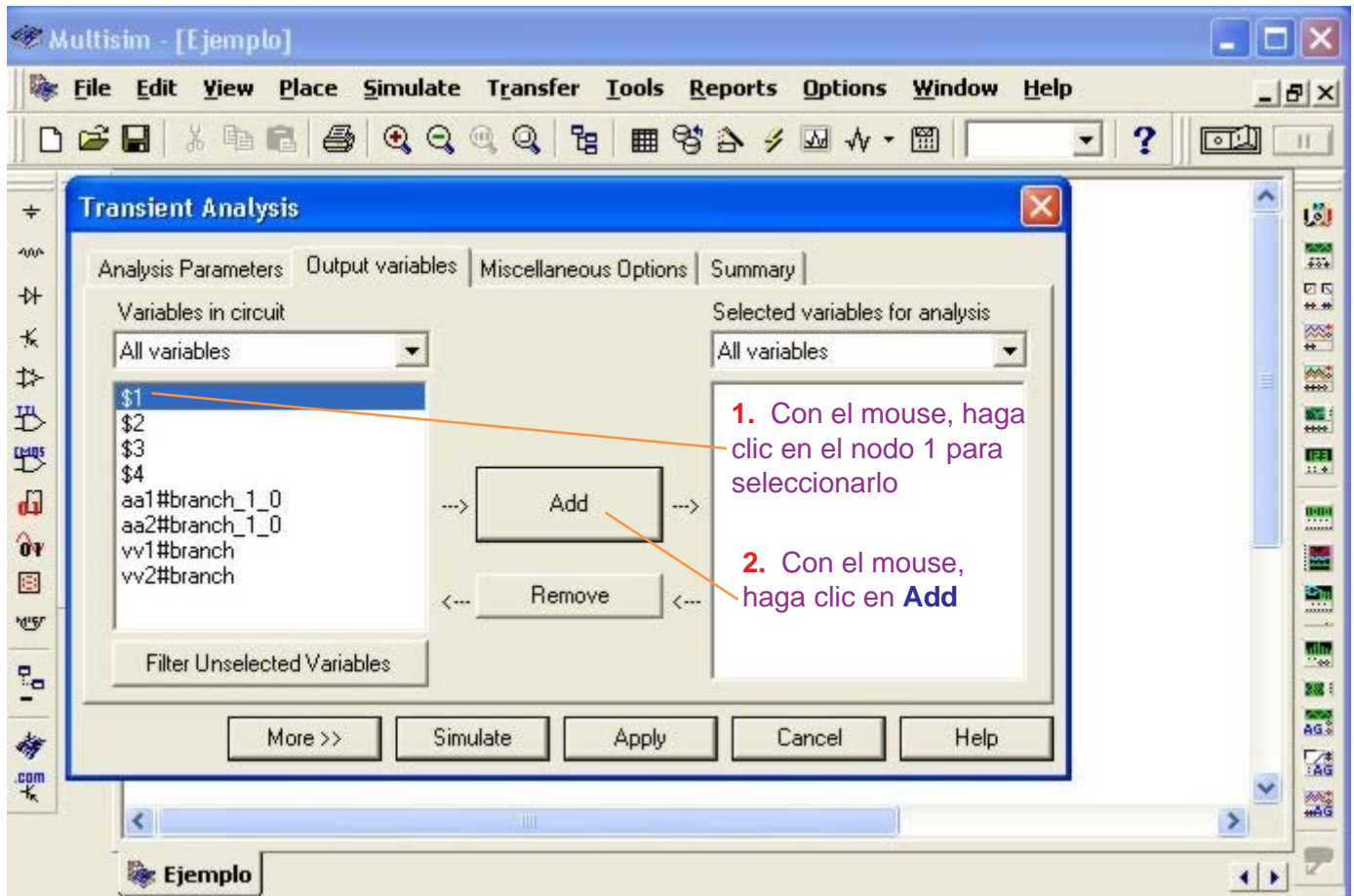
3. Con el mouse, haga clic en **Output variables**

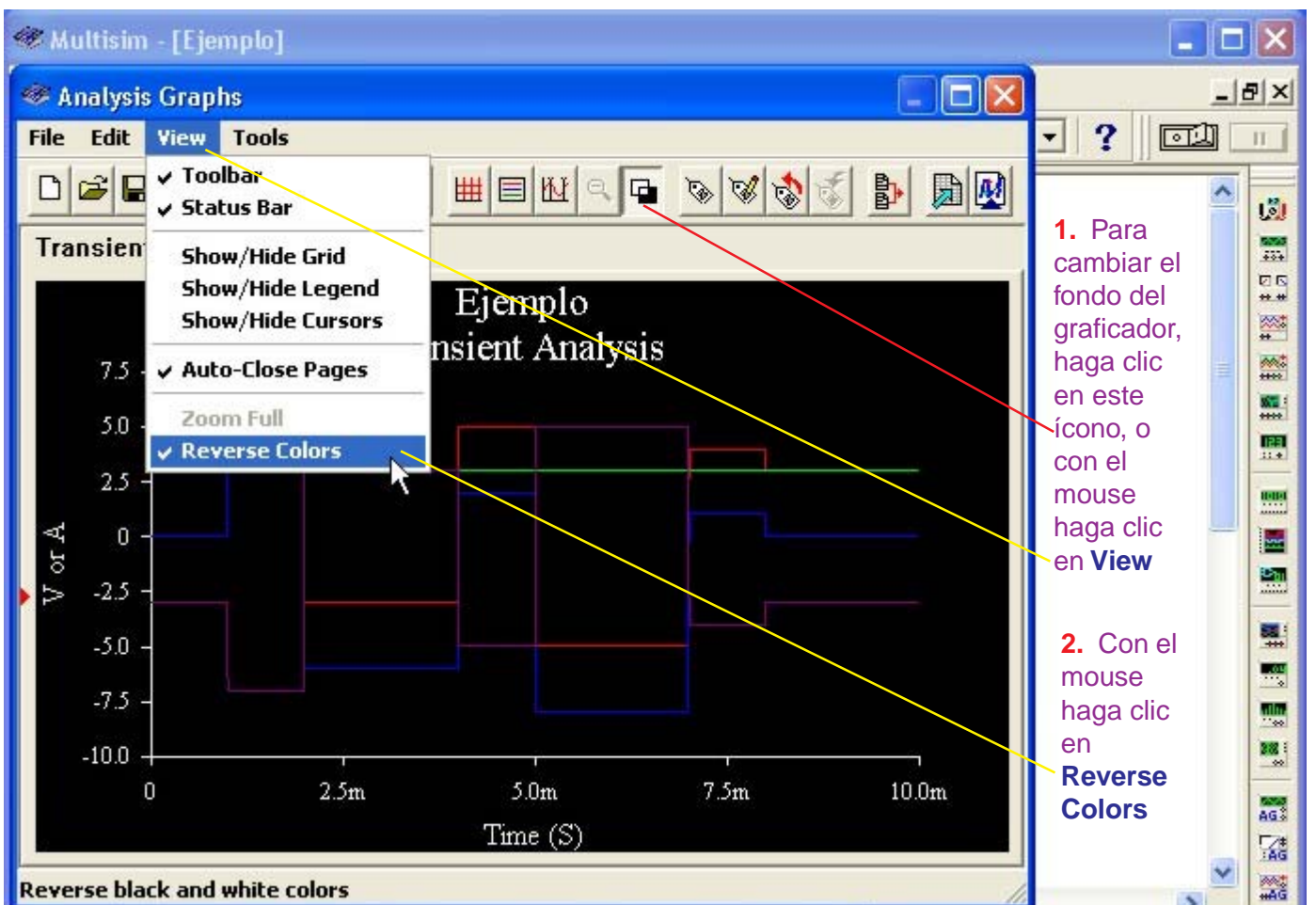
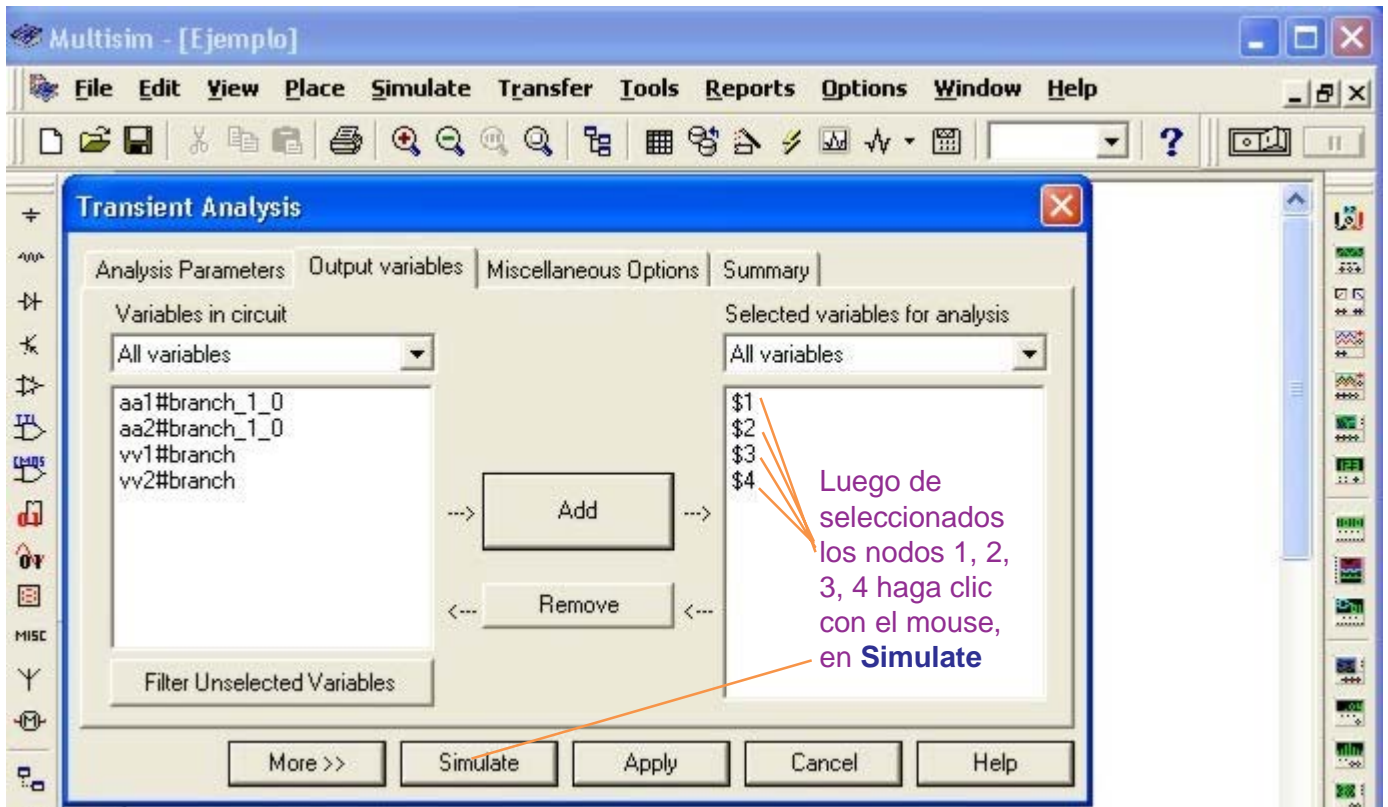


Señal de la Interfase de Entrada.

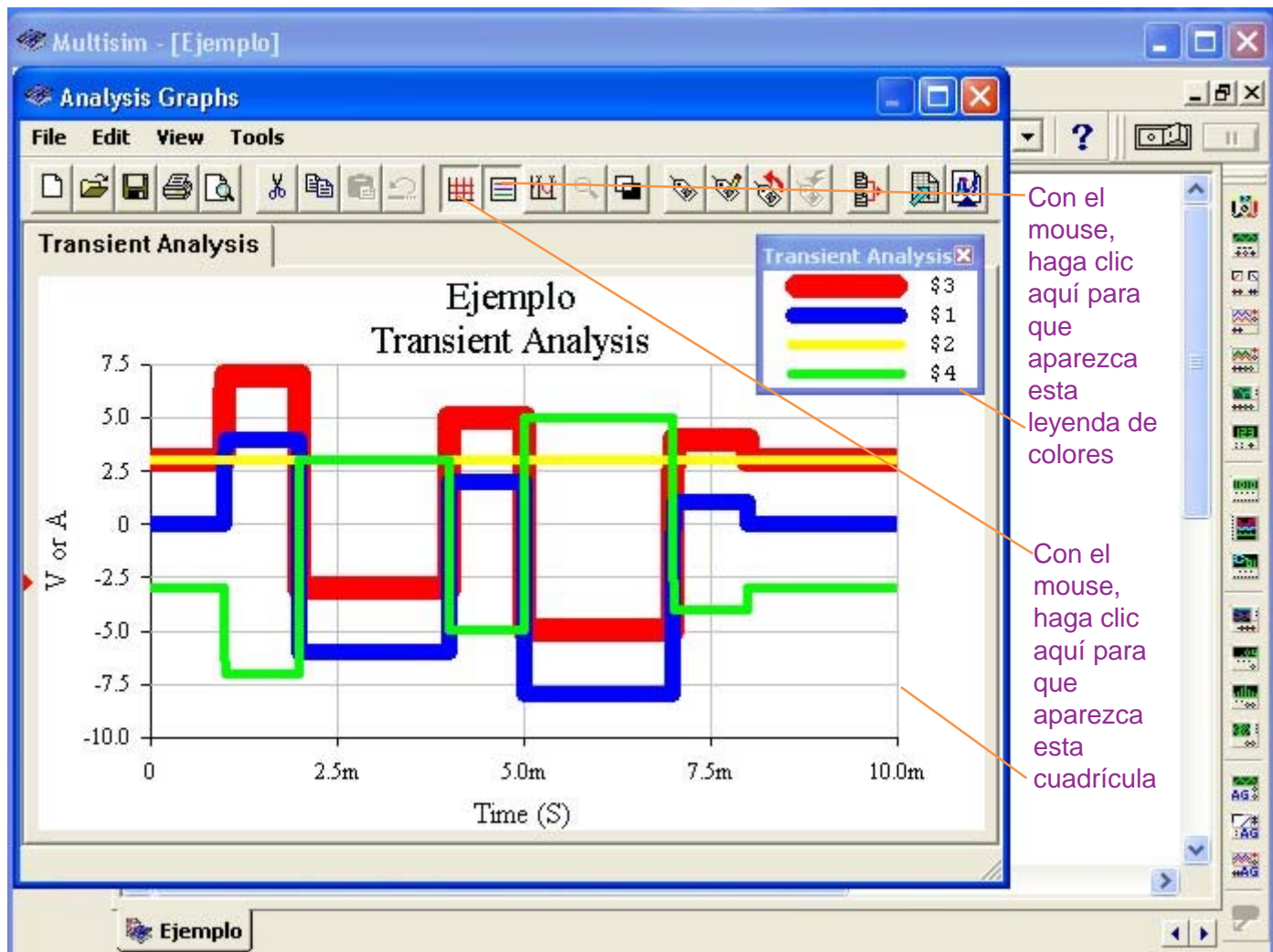


Señal del Set Point.





Presentación de las señales del Controlador Proporcional



Por la leyenda de colores del Transient Analysis:



El color **rojo** (nodo 3) le corresponde a la señal de salida del **Sumador**.

El color **azul** (nodo 1) le corresponde a la señal de la **Interfase de Entrada**.

El color **amarillo** (nodo 2) le corresponde a la señal del **Set Point**.

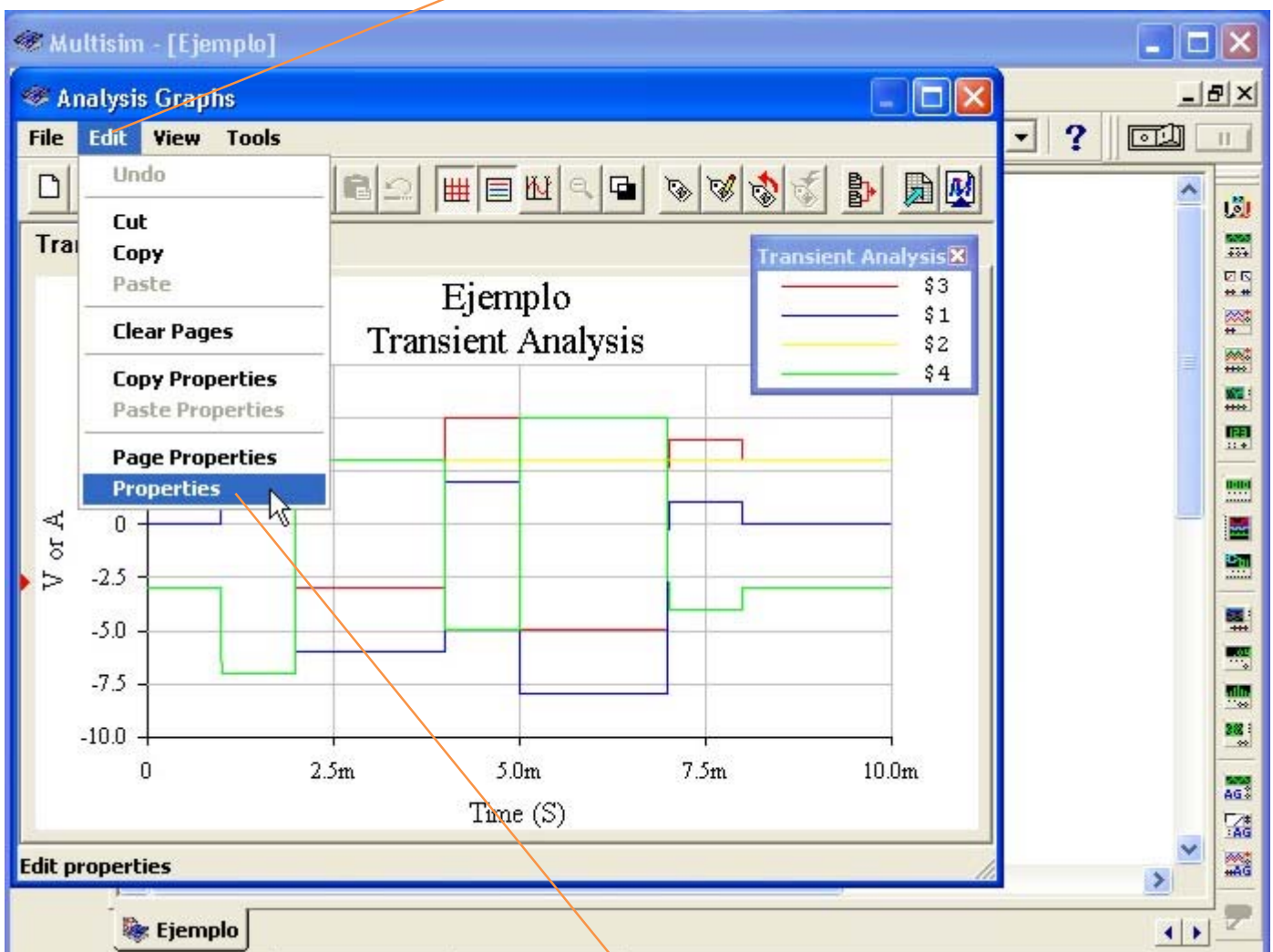
El color **verde** (nodo 4) le corresponde a la señal de salida del **Controlador Proporcional**.

Grosor y Color para la presentación de las señales de salida.

La presentación de las señales en el Analysis Graphs tienen un grosor de un punto tipográfico con la finalidad de poder realizar las mediciones con precisión.

Sin embargo, para poder distinguir las señales unas de otras, hemos optado por aumentar el grosor de las líneas en 10 puntos para el color rojo, 7 puntos para el color azul, 4 puntos para el color verde y 4 puntos para el color amarillo, de la manera siguiente:

1. Con el mouse haga clic en **Edit**.

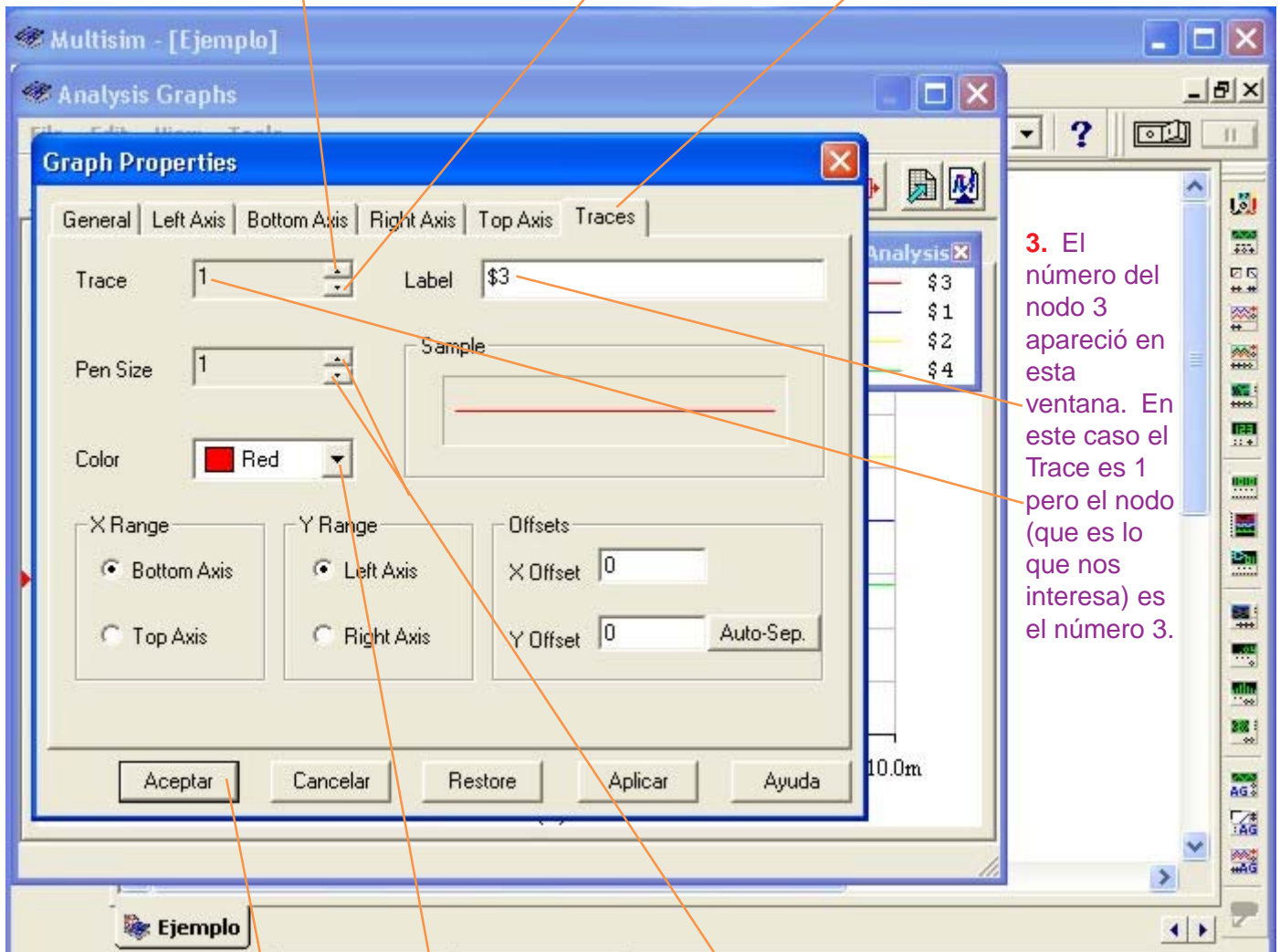


2. Con el mouse haga clic en **Properties**.

1. Con el mouse, haga clic en **Traces**

2. Para seleccionar el número de nodo, con el mouse, haga clic aquí para avanzar, o haga clic aquí para retroceder.

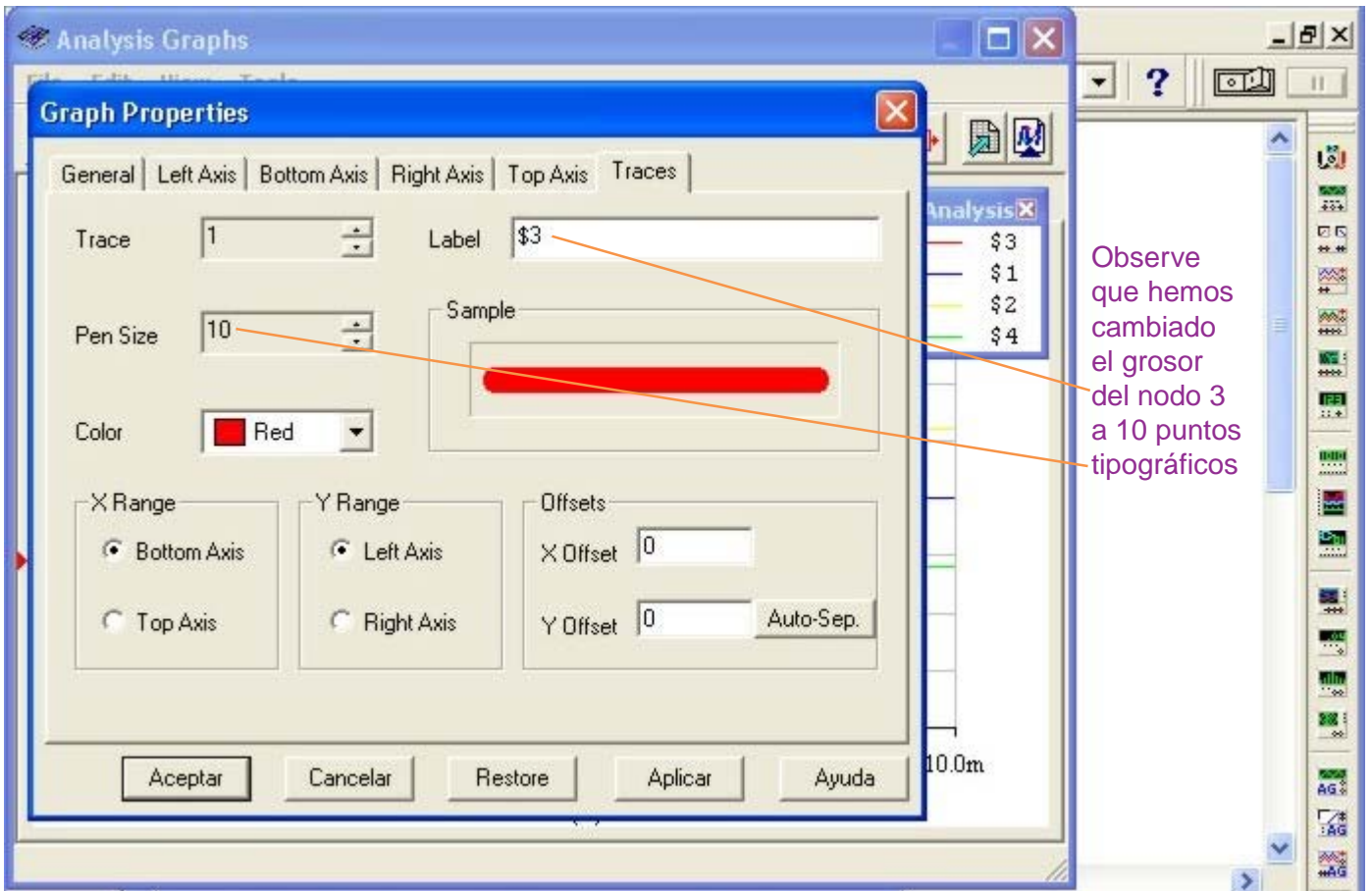
3. El número del nodo 3 apareció en esta ventana. En este caso el Trace es 1 pero el nodo (que es lo que nos interesa) es el número 3.



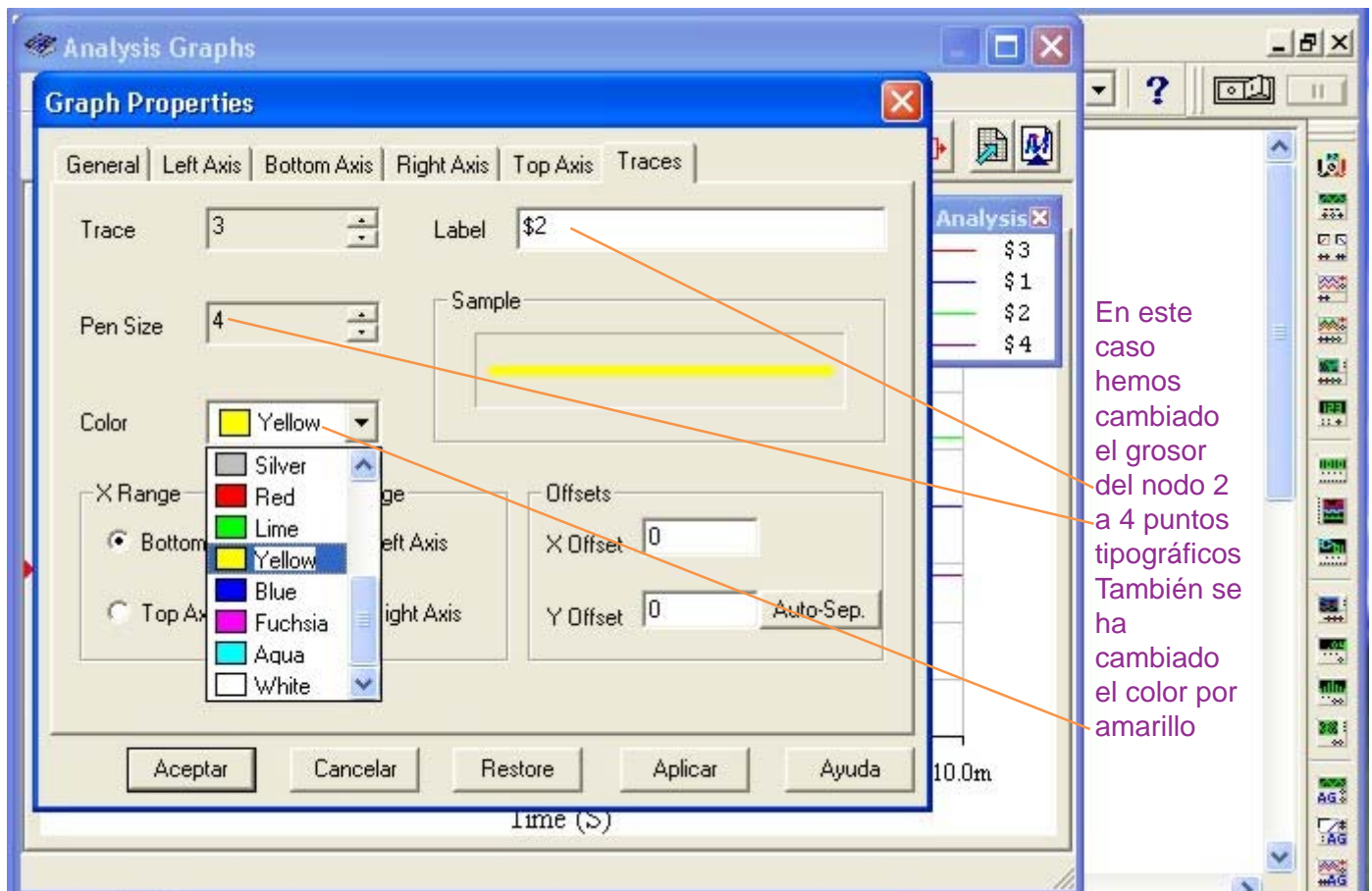
4. El grosor de la línea lo podemos aumentar o disminuir haciendo clic, con el mouse, en las lengüetas del **Pen Size**

5. También podemos cambiar el color del trazo de la señal haciendo clic, con el mouse, en la lengüeta del **Color**

6. Luego de hacer todos los cambios que creamos necesarios, con el mouse haga clic en **Aceptar**.



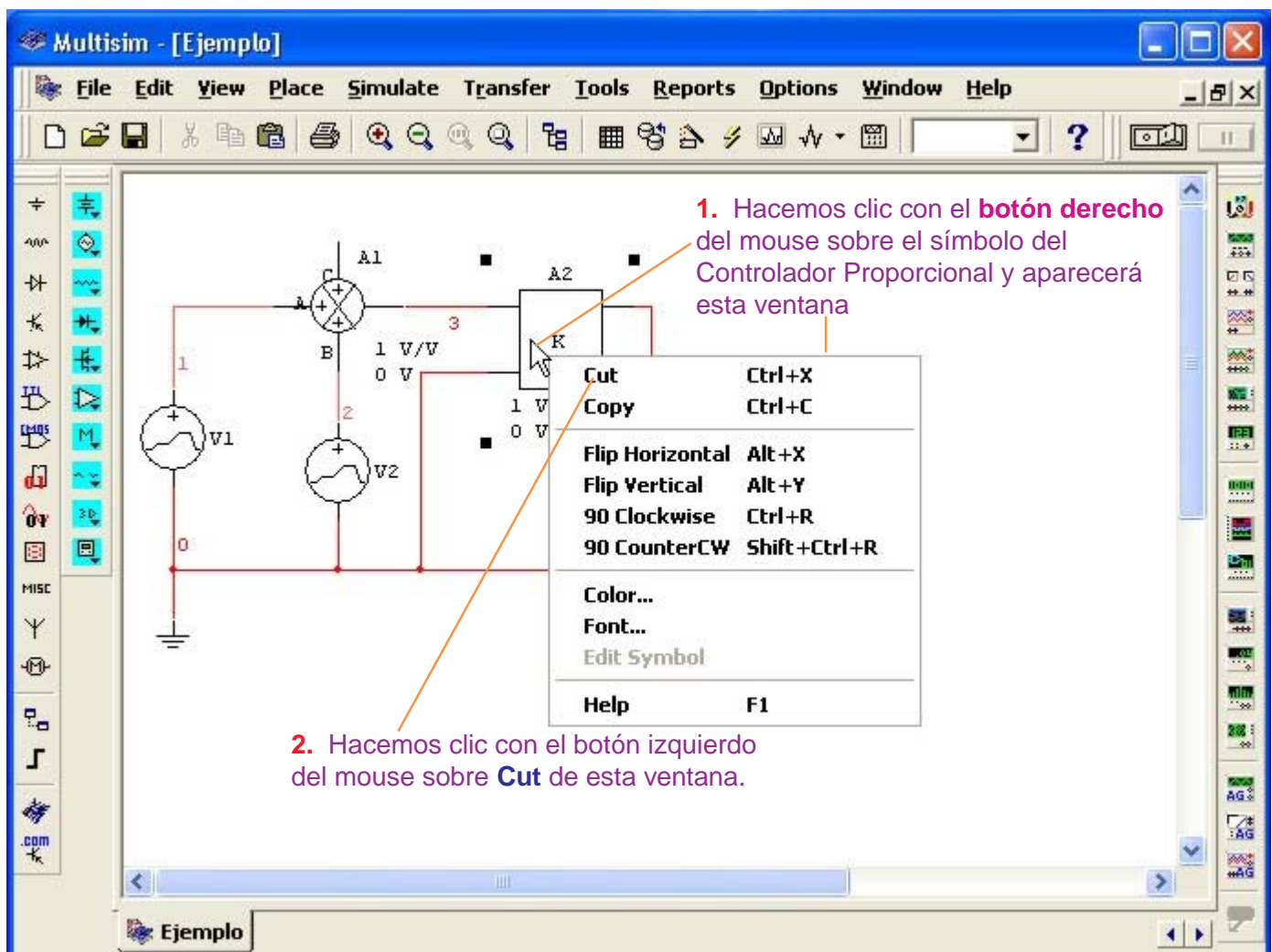
Observe que hemos cambiado el grosor del nodo 3 a 10 puntos tipográficos



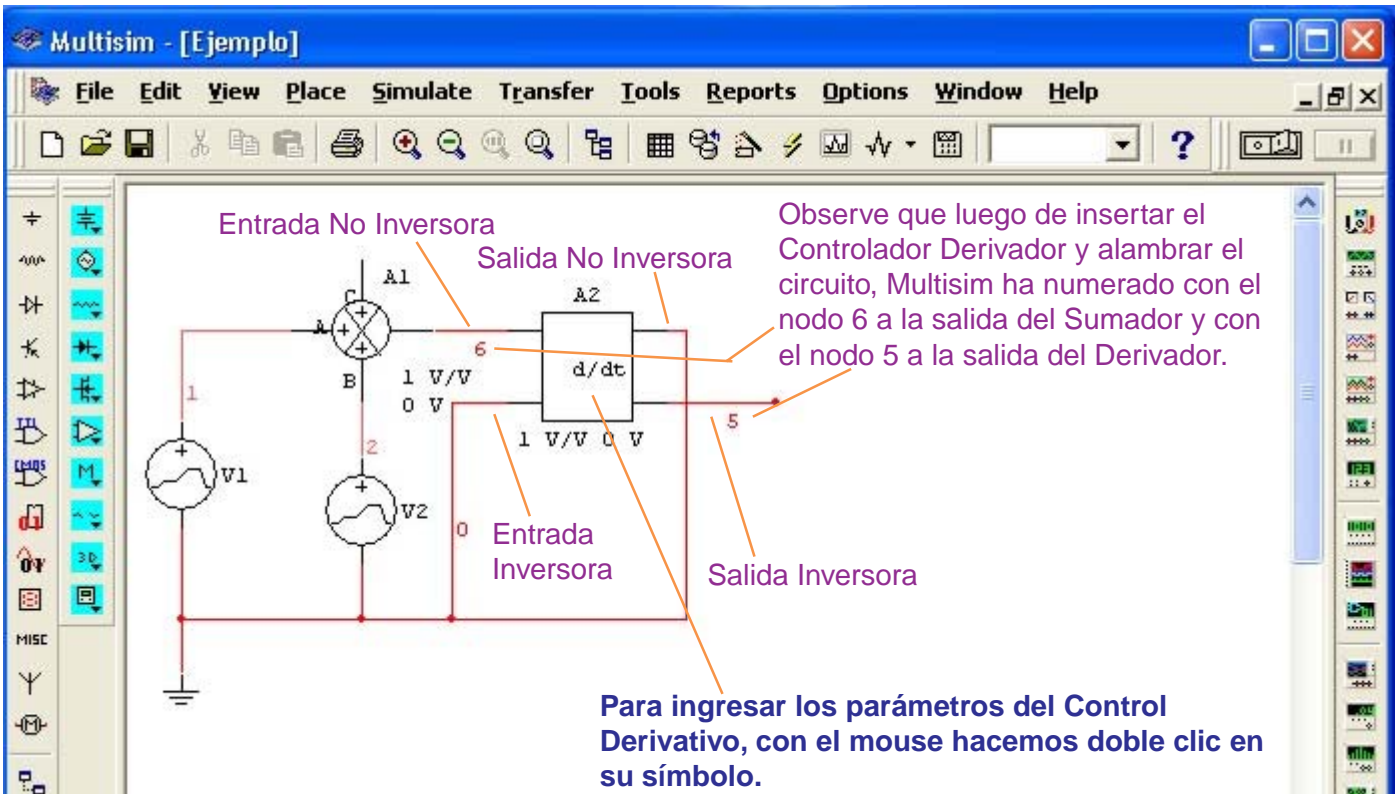
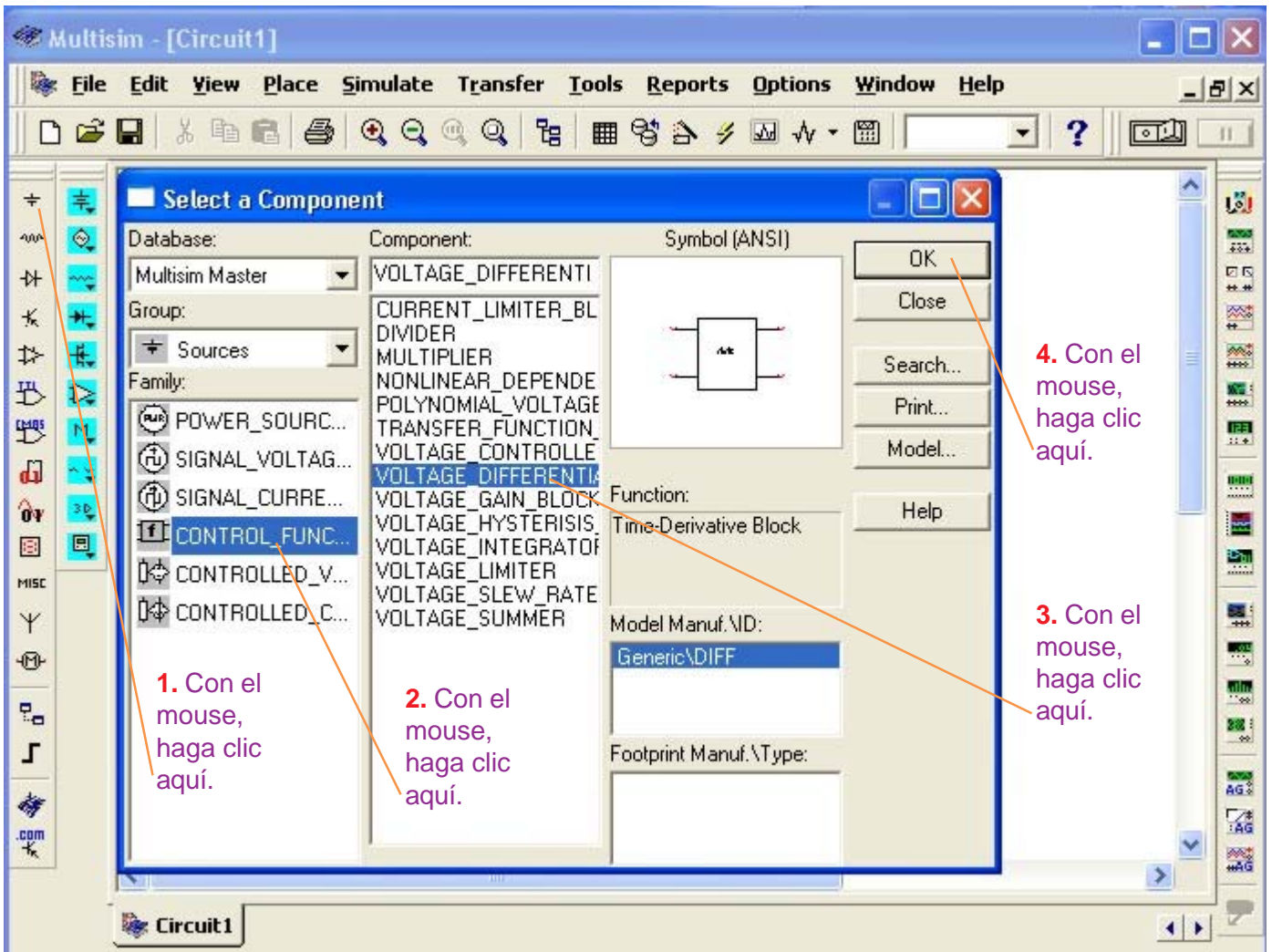
En este caso hemos cambiado el grosor del nodo 2 a 4 puntos tipográficos. También se ha cambiado el color por amarillo

El Controlador Derivativo con el Sumador y señales de salida.

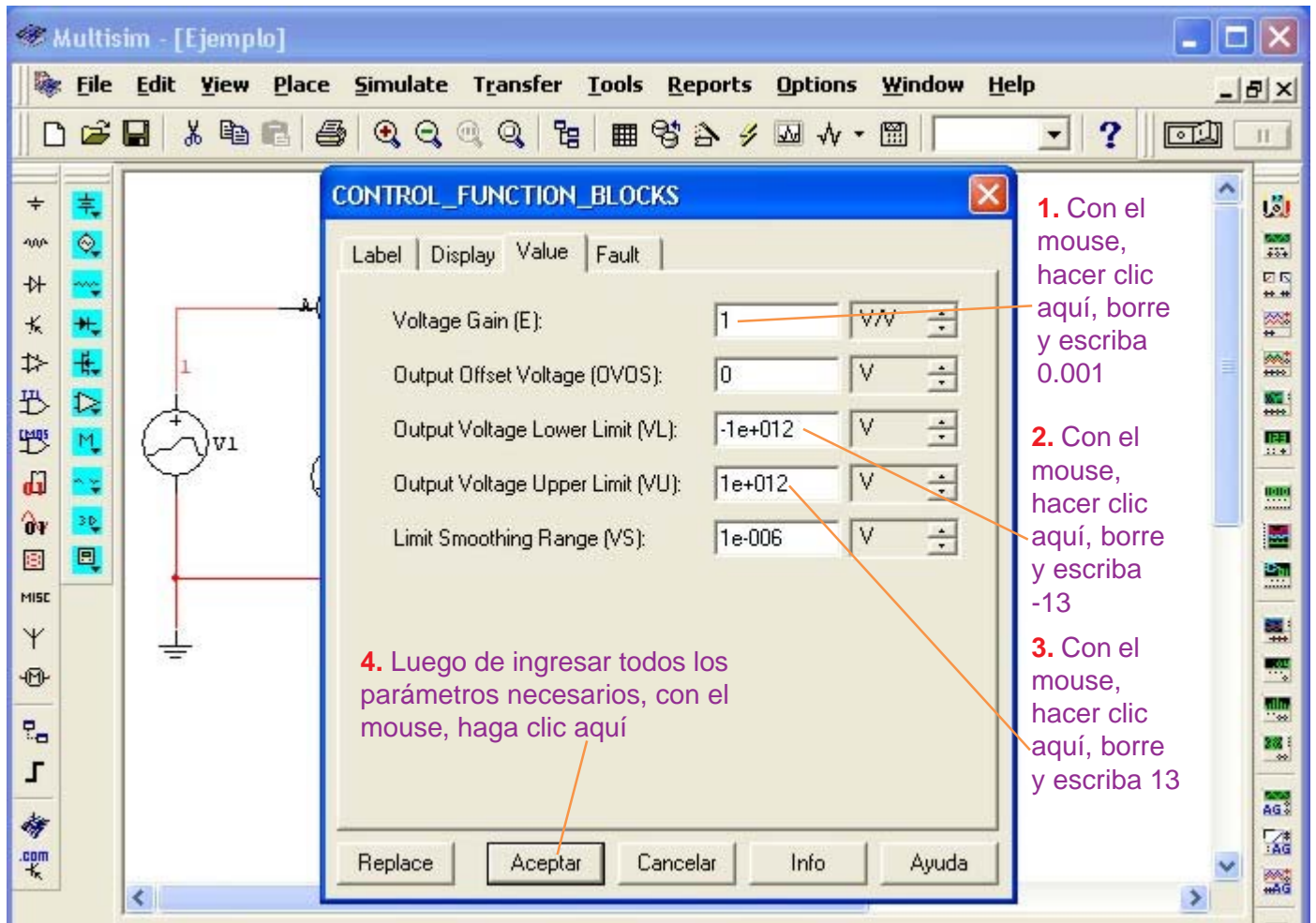
Tomamos el circuito de la página 31, en donde tenemos alambrado la señal de la Interfase de Entrada, el Set Point, el Sumador y el Controlador Proporcional. Este Controlador Proporcional debemos removerlo para reemplazarlo por el Controlador Derivativo.



Eliminado el Controlador Proporcional, procedemos a insertar el Controlador Derivativo del modo indicado en la página siguiente.



Configuración de los Parámetros del Controlador Derivativo



La salida del Controlador Derivativo es:

$$V_{out}(t) = K \frac{dV_{in}}{dt}$$

Por las consideraciones del ejemplo (ver página 21), la constante RC es de 1 milisegundo. Además, $K = R.C$ expresado en segundos (ver página 14), entonces tenemos que: $K = 0.001$

Por las consideraciones del ejemplo (ver página 21), el Controlador Derivativo se alimentará con $+V_{cc} = +15V$ y $-V_{cc} = -15V$ entonces (ver página 15) el Output Voltage Lower Limit será -13 y el Output Voltage Upper Limit es: 13

Configuración del Análisis Transiente para el Controlador Derivativo

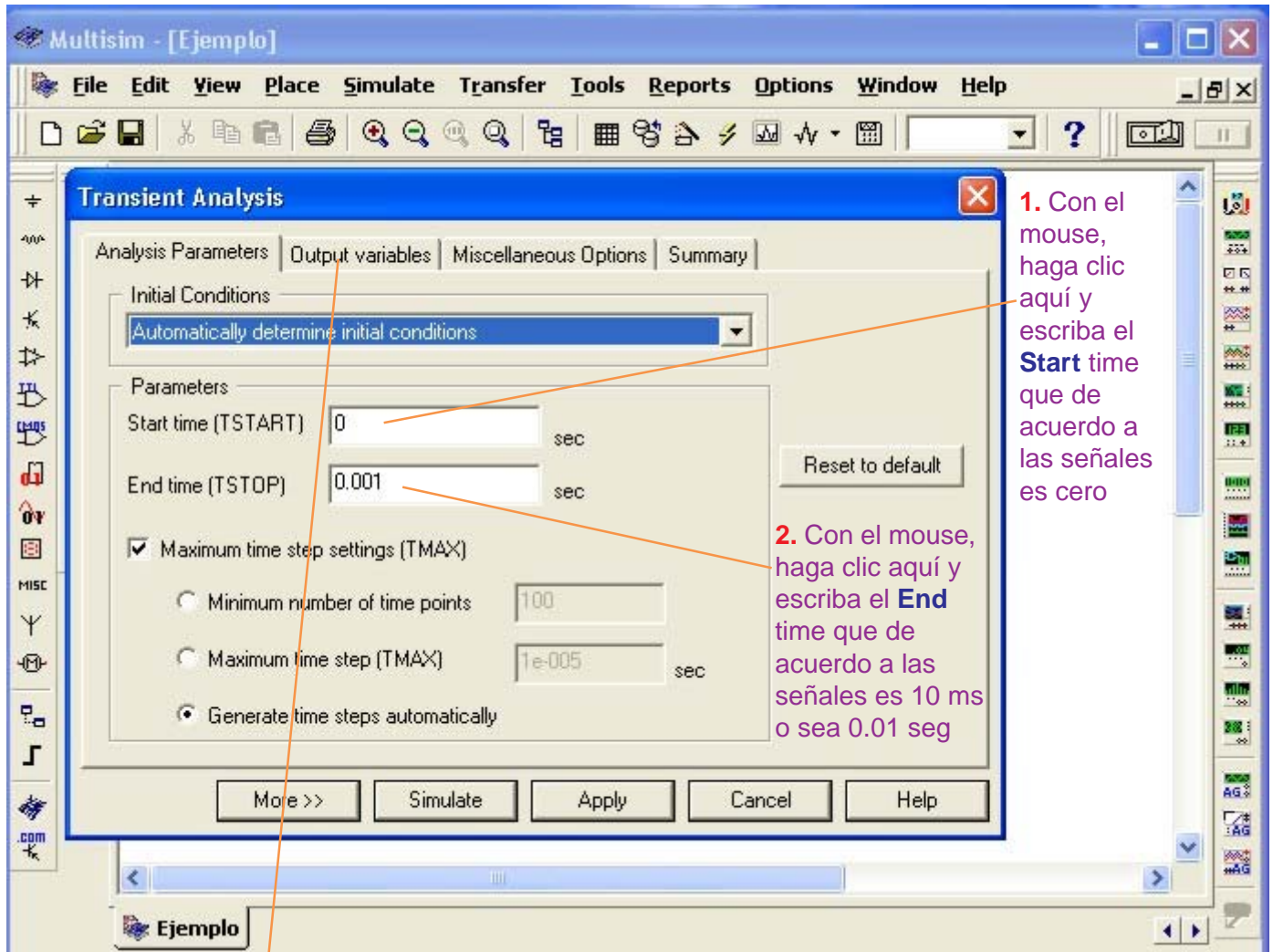
NO ENCIENDA EL SWITCH del Multisim.

Siga el procedimiento siguiente:

1. Con el mouse, haga clic en **Simulate**

2. Con el mouse, haga clic en **Analyses**

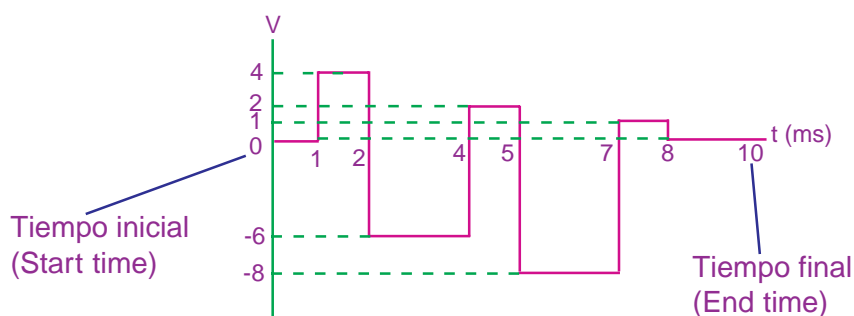
3. Con el mouse, haga clic en **Transient Analysis**



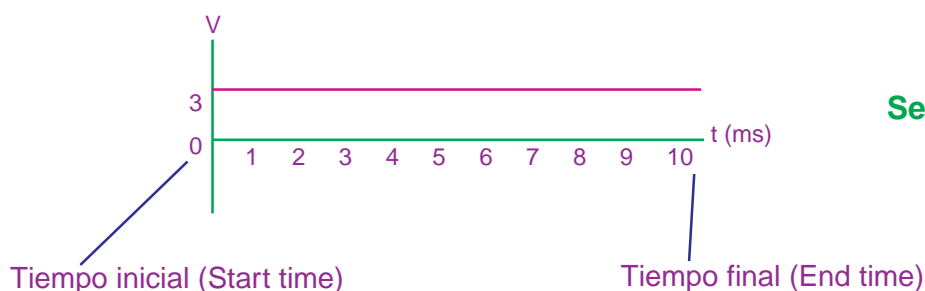
1. Con el mouse, haga clic aquí y escriba el **Start** time que de acuerdo a las señales es cero

2. Con el mouse, haga clic aquí y escriba el **End** time que de acuerdo a las señales es 10 ms o sea 0.01 seg

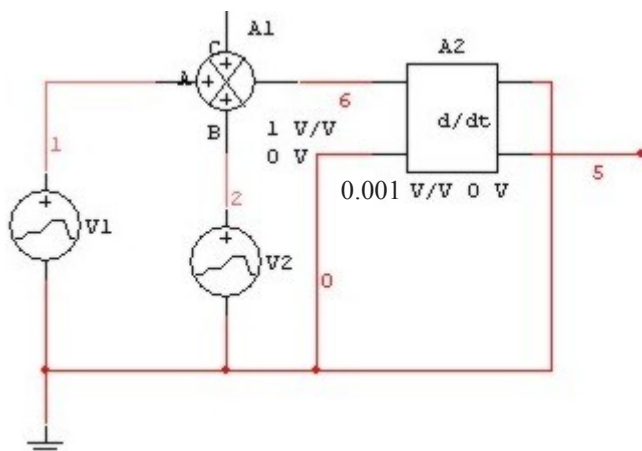
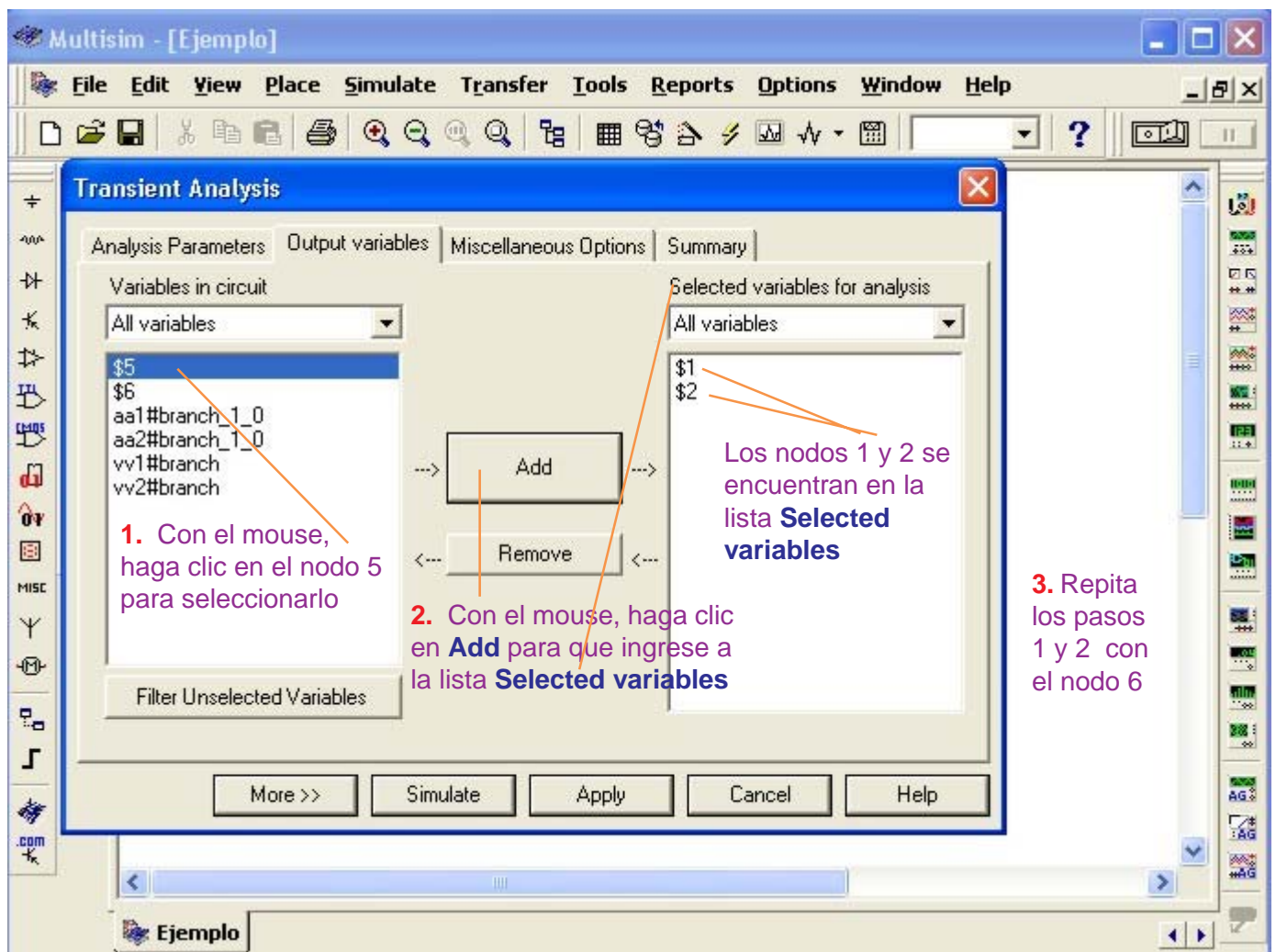
3. Con el mouse, haga clic en **Output variables**



Señal de la Interfase de Entrada.



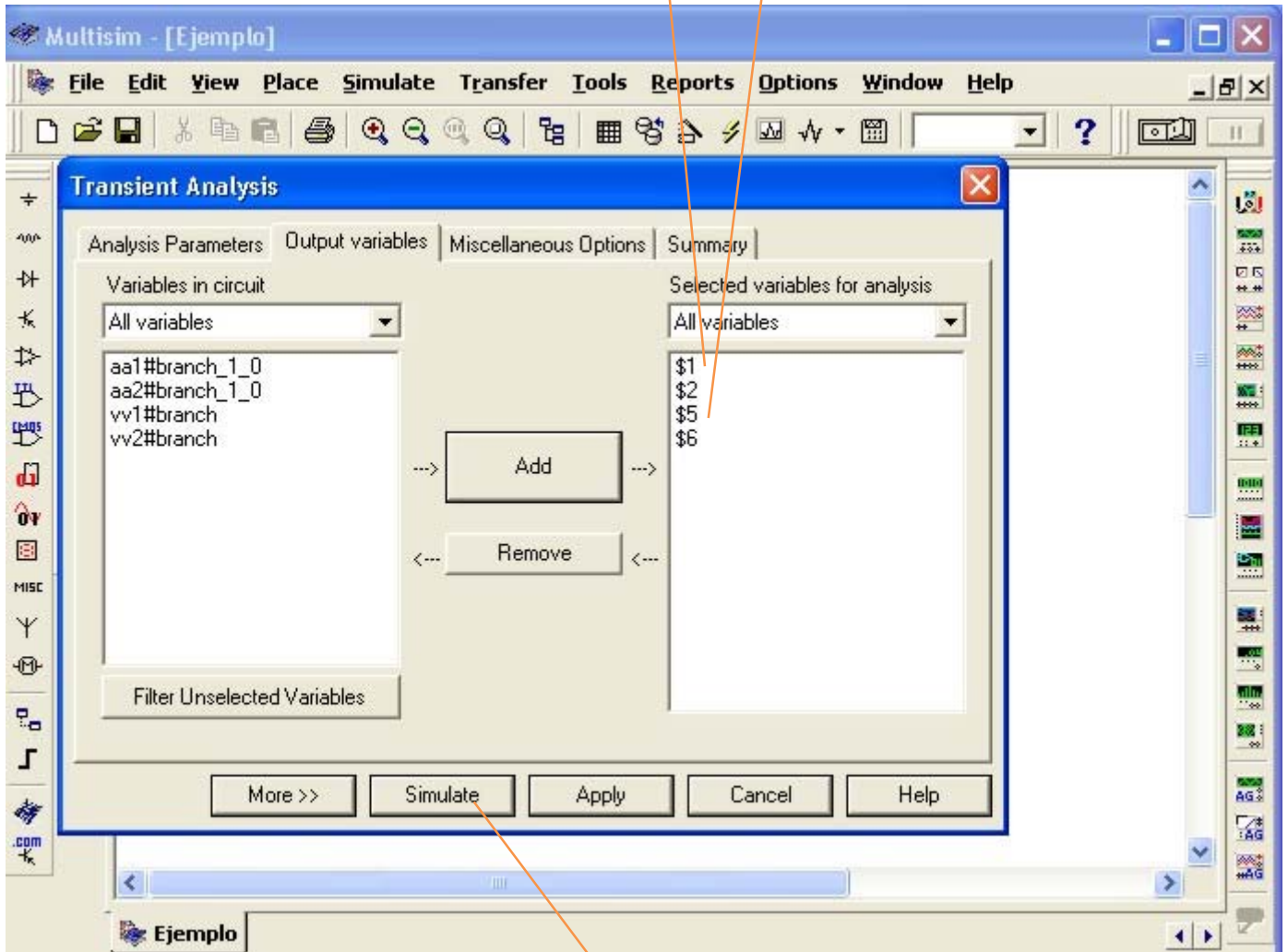
Señal del Set Point.



Mirando el circuito, los nodos que nos interesan son:

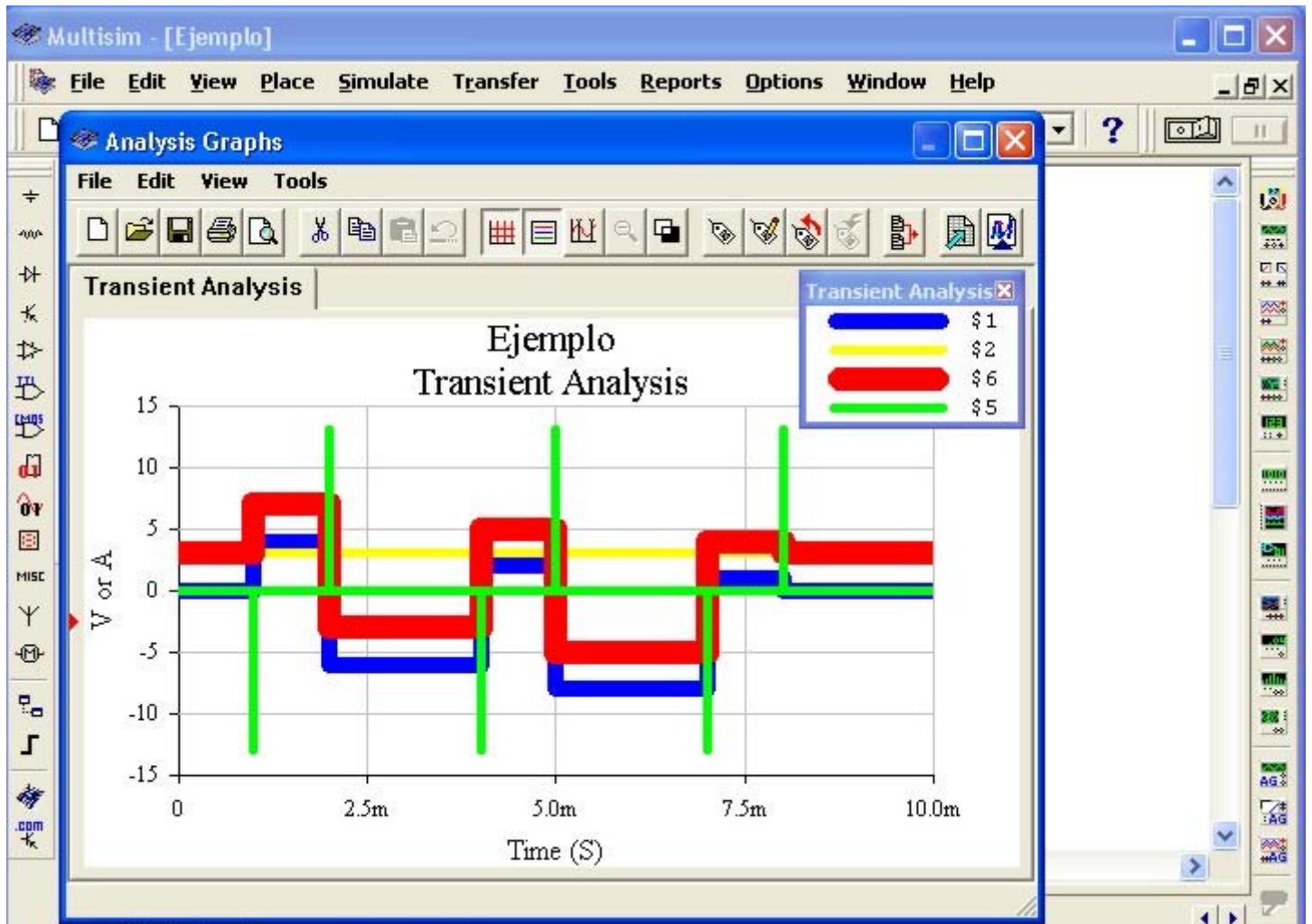
- nodo 1:** Señal de la Interfase de Entrada.
- nodo 2:** Señal del Set Point.
- nodo 6:** Salida del Sumador.
- nodo 5:** Salida del Controlador Derivador.

En la lista **Selected variables** tenemos los nodos 1, 2, 5 y 6 seleccionados.



Para observar las señales de los nodos seleccionados, con el mouse haga clic en **Simulate**

Presentación de las señales del Controlador Derivativo.



Por la leyenda de colores del Transient Analysis:



El color **azul** (nodo 1) le corresponde a la señal de la **Interfase de Entrada**.

El color **amarillo** (nodo 2) le corresponde a la señal del **Set Point**.

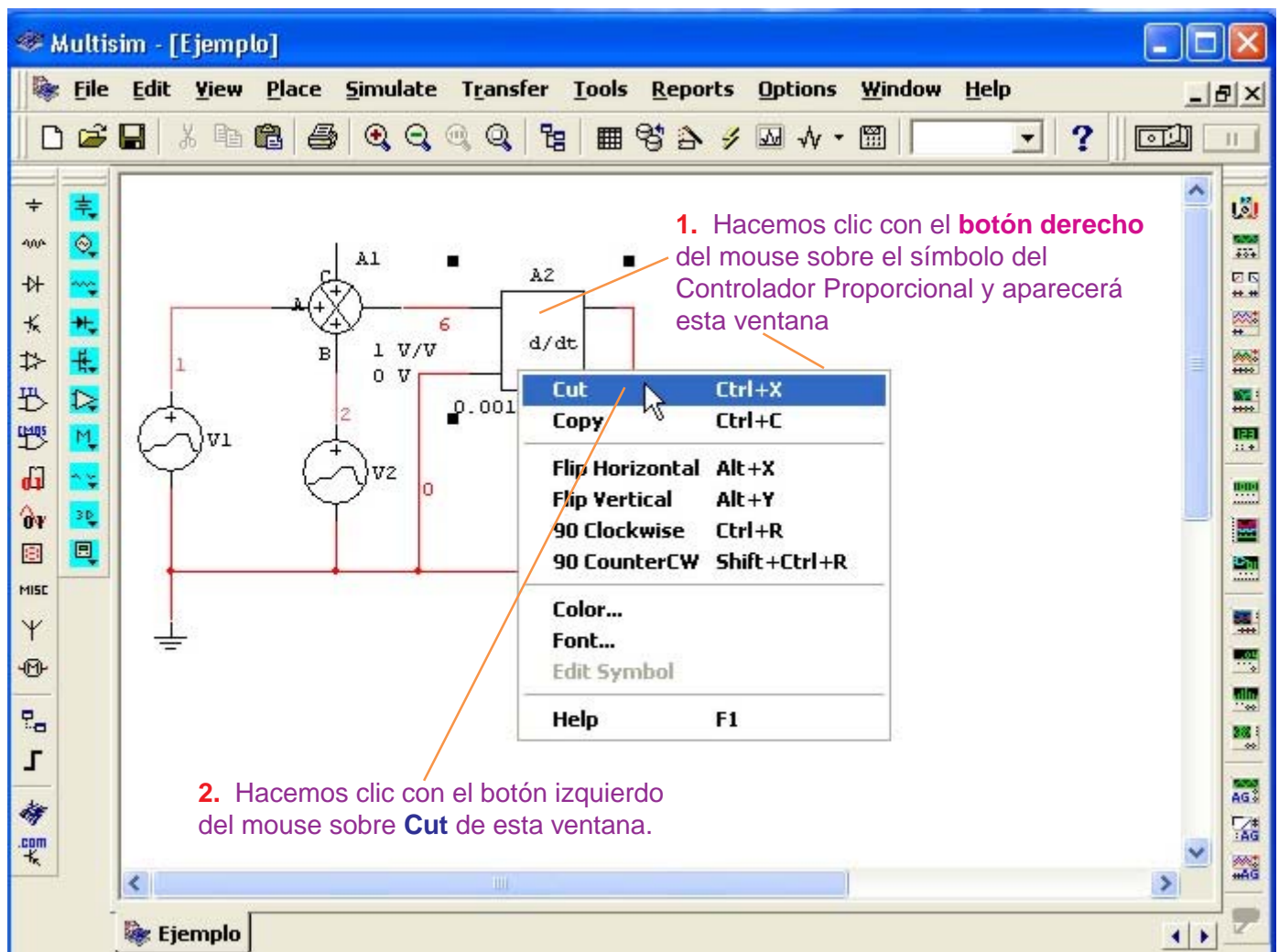
El color **rojo** (nodo 6) le corresponde a la señal de salida del **Sumador**.

El color **verde** (nodo 5) le corresponde a la señal de salida del **Controlador Derivativo**.

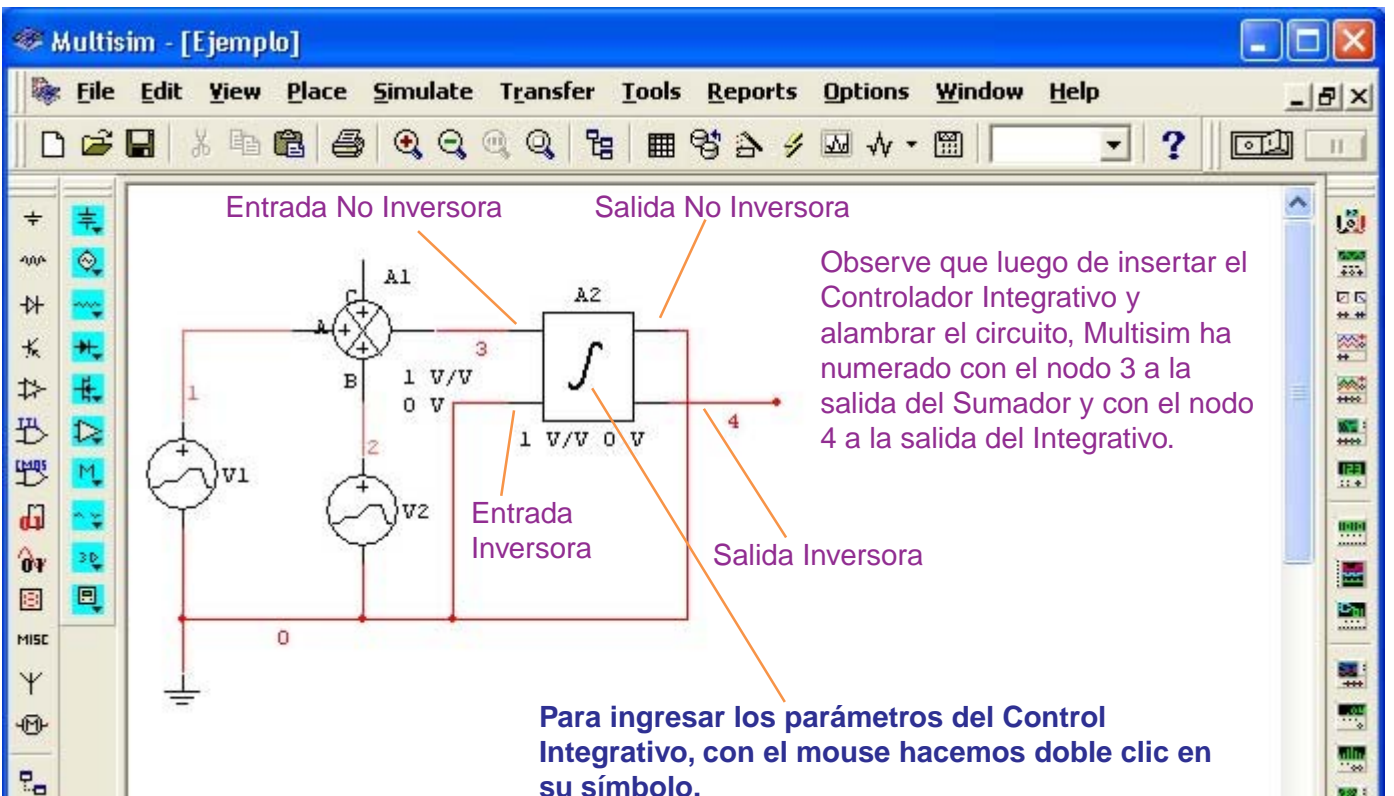
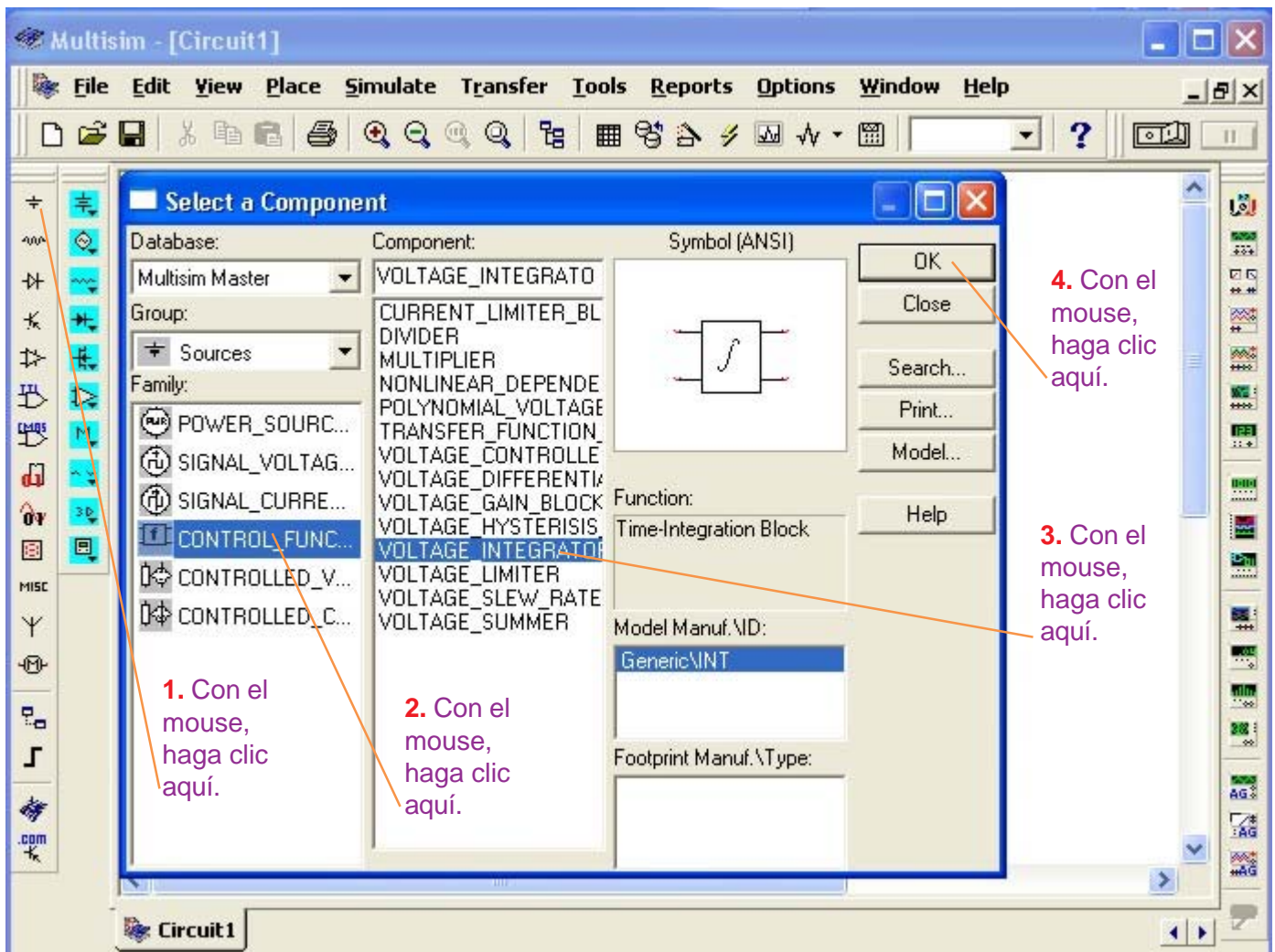
Para el grosor y color de las señales, vea las páginas 39, 40 y 41.

El Controlador Integrativo con el Sumador y señales de entrada.

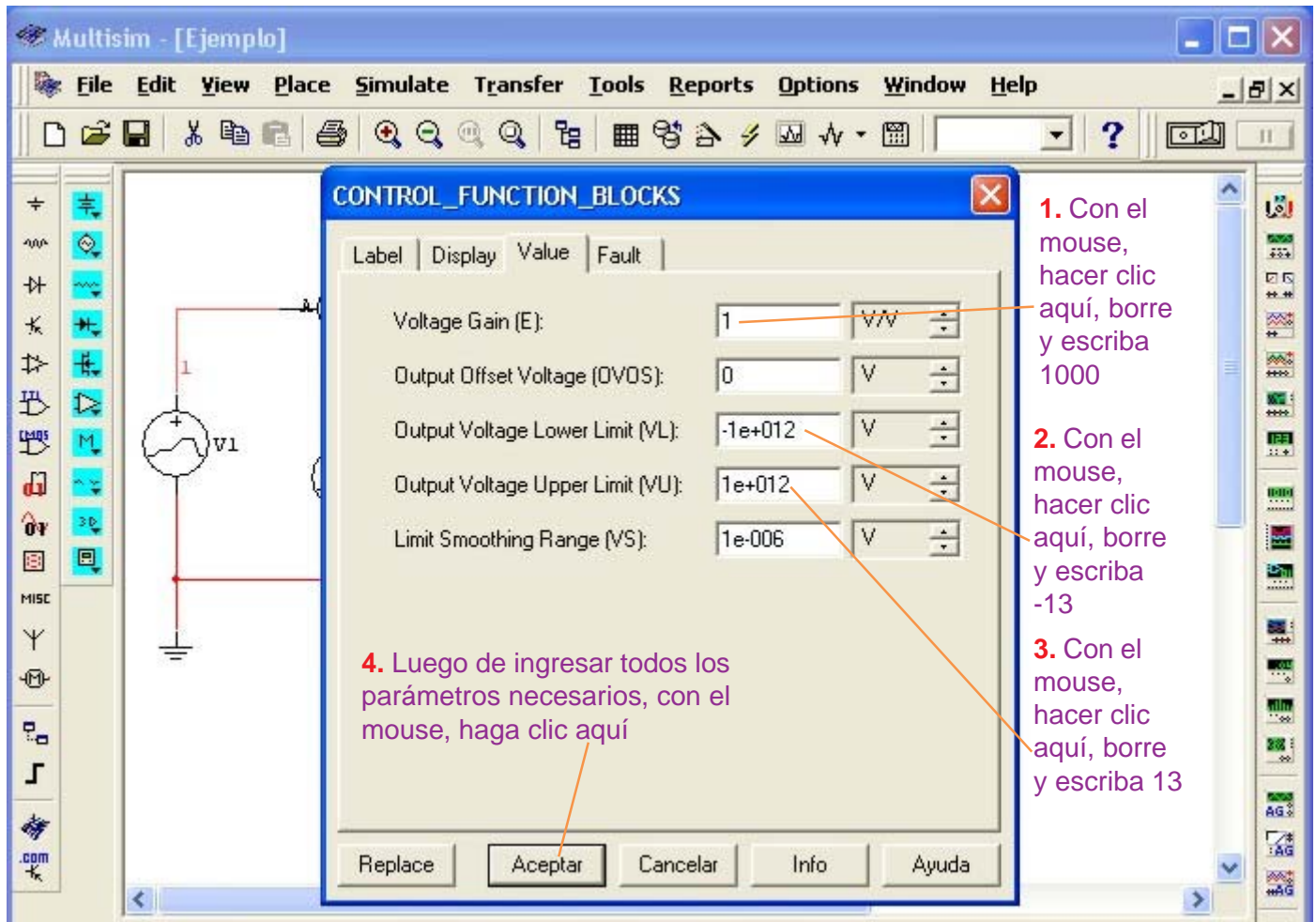
Tomamos el circuito de la página 43, en donde tenemos alambrado la señal de la Interfase de Entrada, el Set Point, el Sumador y el Controlador Derivativo. Este Controlador Derivativo debemos removerlo para reemplazarlo por el Controlador Integrativo.



Eliminado el Controlador Derivativo, procedemos a insertar el Controlador Integrativo del modo indicado en la página siguiente.



Configuración de los Parámetros del Controlador Integrativo



La salida del Controlador Integrativo es: $V_{out}(t) = K \int (V_{in}(t)) dt$

además $K = \frac{1}{R.C}$ (expresado en segundos)

Por las consideraciones del ejemplo (ver página 21), la constante RC es de 1 milisegundo. Además, K está expresado en segundos (ver página 16), entonces tenemos que: $K = 1/0.001 = 1000$

Por las consideraciones del ejemplo (ver página 21), el Controlador Integrativo se alimentará con $+V_{cc} = +15V$ y $-V_{cc} = -15V$ entonces (ver página 17) el Output Voltage Lower Limit será -13 y el Output Voltage Upper Limit es: 13

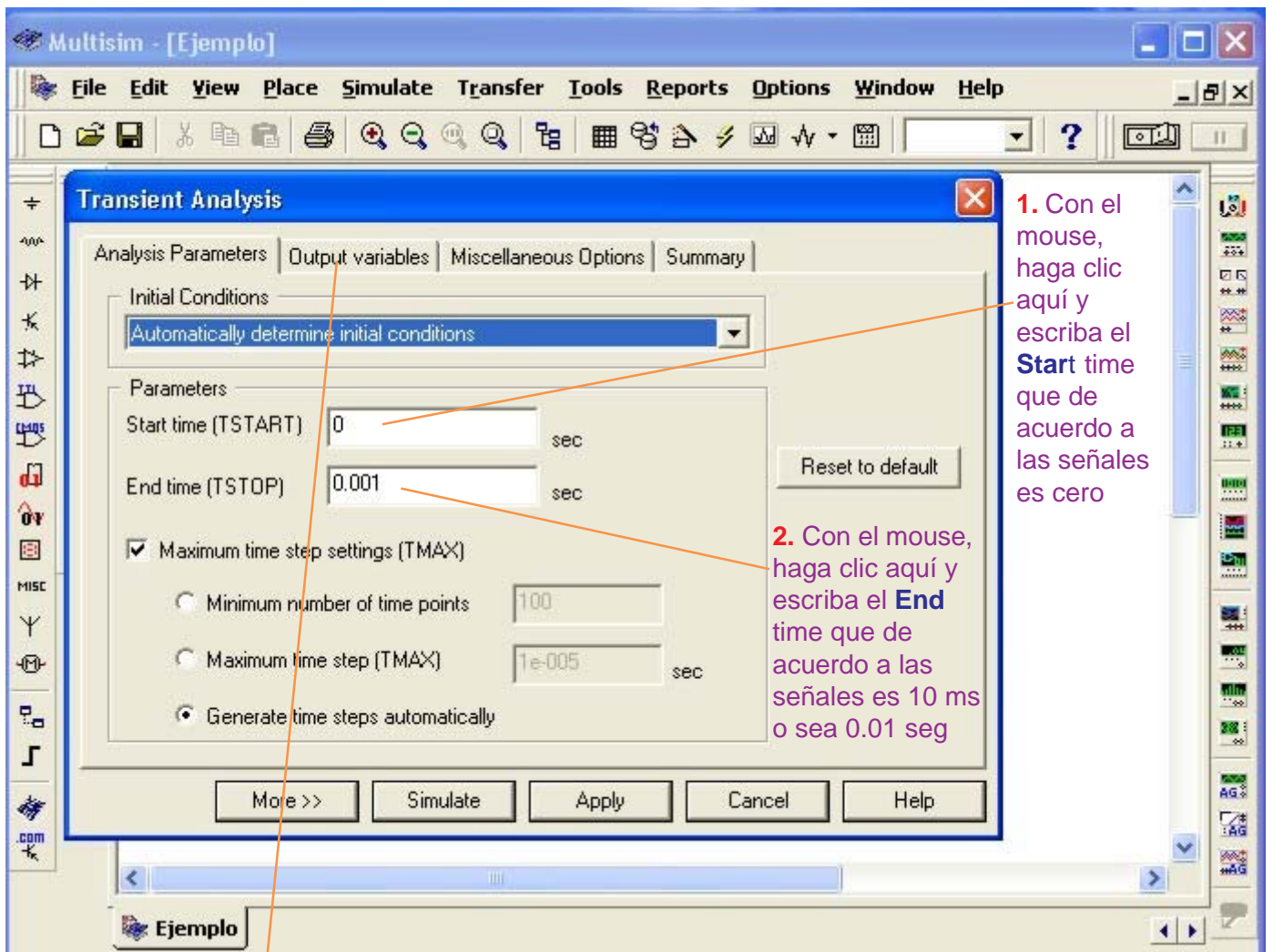
Configuración del Análisis Transiente para el Controlador Integrativo.

NO ENCIENDA EL SWITCH del Multisim.

Siga el procedimiento siguiente:

The screenshot shows the Multisim software interface. The 'Simulate' menu is open, and the 'Analyses' sub-menu is also open, with 'Transient Analysis...' selected. The circuit diagram shows a voltage source V1 and a switch. The status bar at the bottom indicates 'Tran: 00.000 ms'.

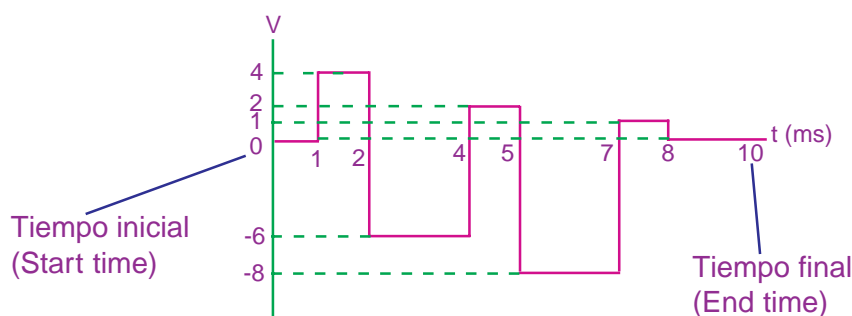
1. Con el mouse, haga clic en **Simulate**
2. Con el mouse, haga clic en **Analyses**
3. Con el mouse, haga clic en **Transient Analysis**



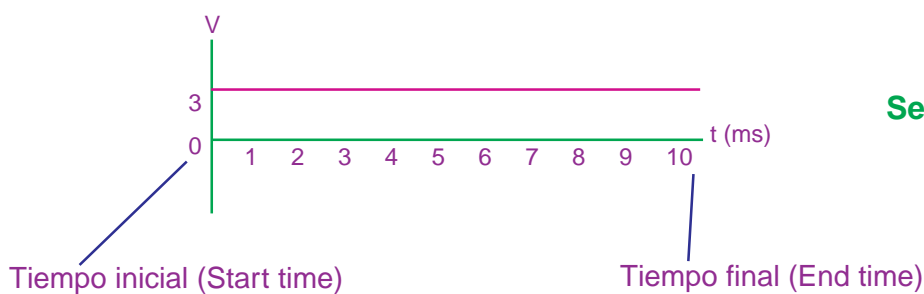
1. Con el mouse, haga clic aquí y escriba el **Start time** que de acuerdo a las señales es cero

2. Con el mouse, haga clic aquí y escriba el **End time** que de acuerdo a las señales es 10 ms o sea 0.01 seg

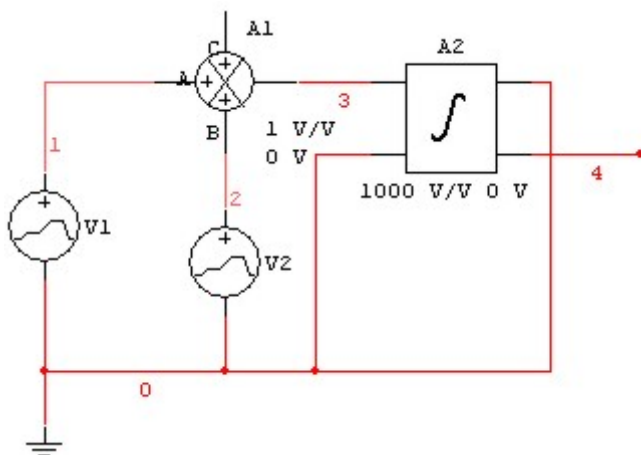
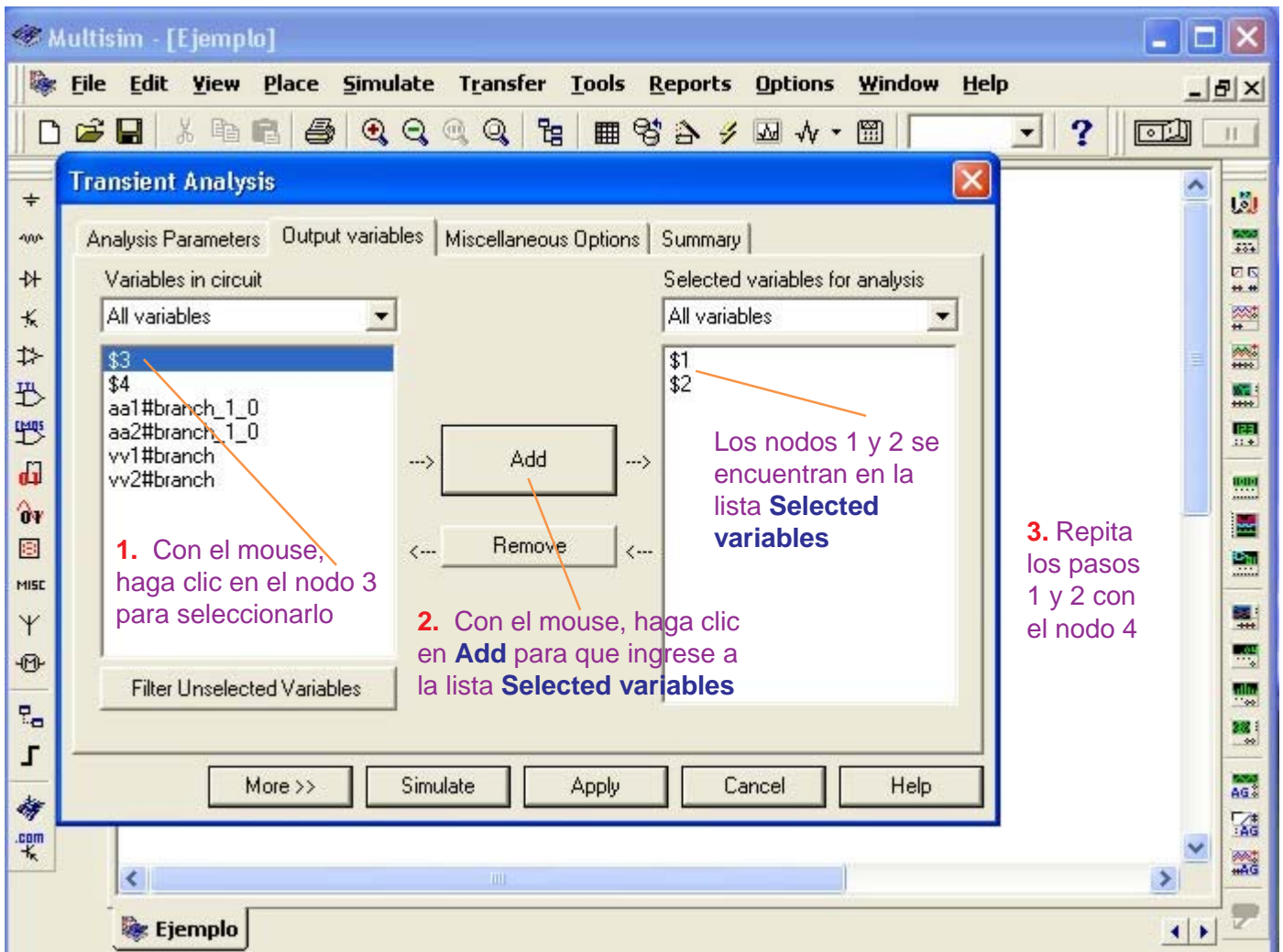
3. Con el mouse, haga clic en **Output variables**



Señal de la Interfase de Entrada.



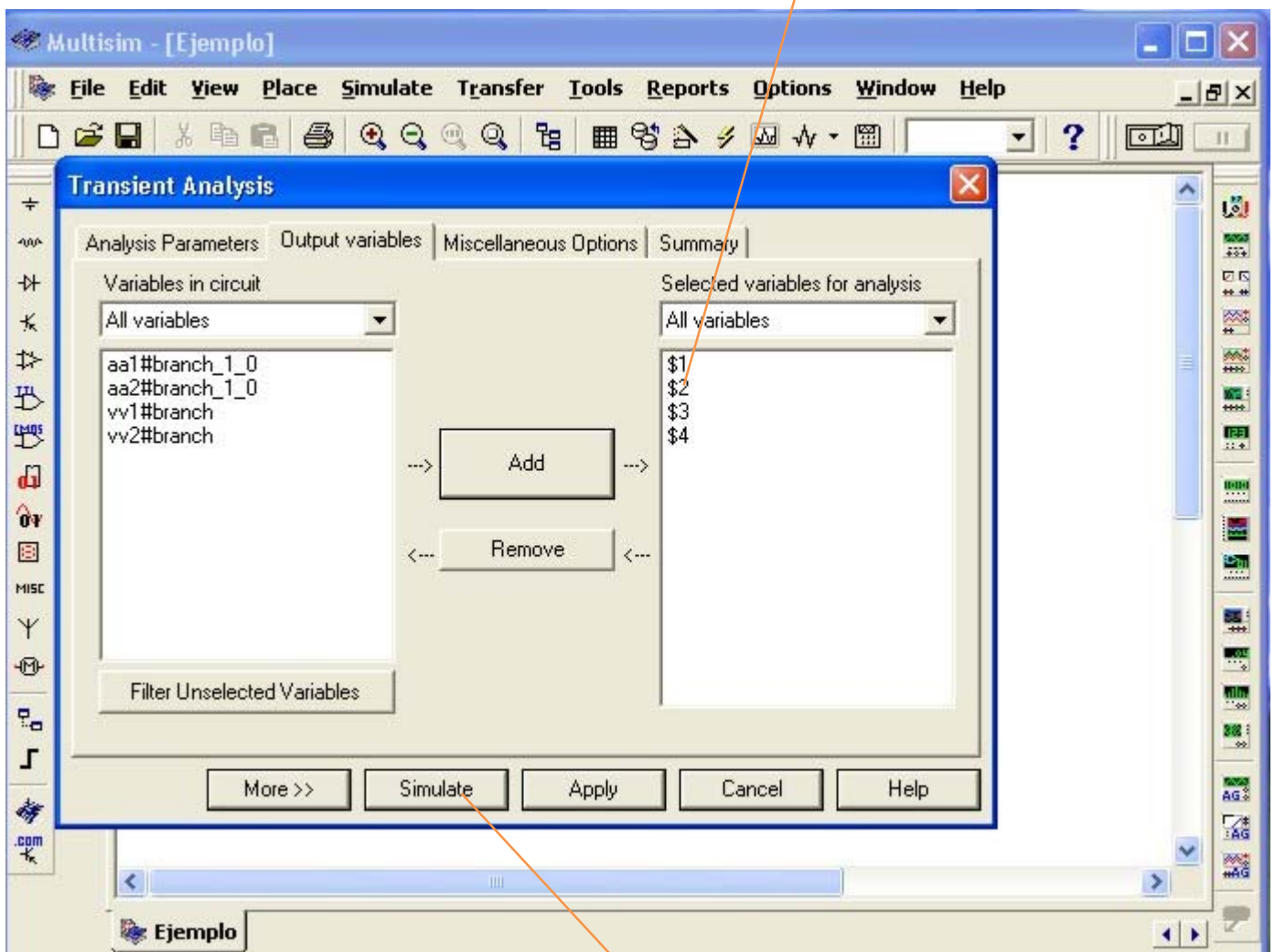
Señal del Set Point.



Mirando el circuito, los nodos que nos interesan son:

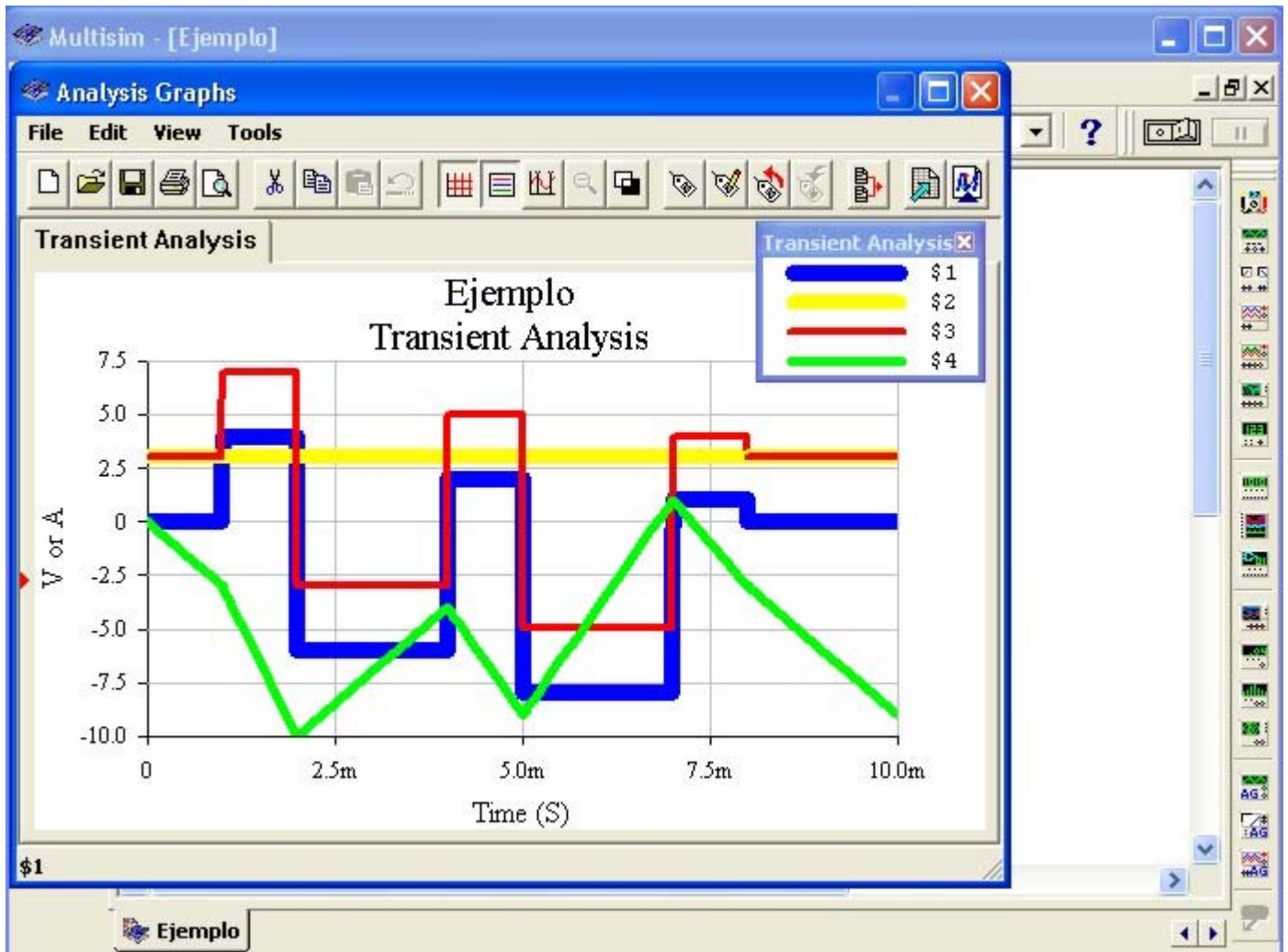
- nodo 1:** Señal de la Interfase de Entrada.
- nodo 2:** Señal del Set Point.
- nodo 3:** Salida del Sumador.
- nodo 4:** Salida del Controlador Integrador.

En la lista **Selected variables** tenemos los nodos 1, 2, 3 y 4 seleccionados.



Para observar las señales de los nodos seleccionados, con el mouse haga clic en **Simulate**

Presentación de las señales del Controlador Integrativo



Por la leyenda de colores del Transient Analysis:



El color **azul** (nodo 1) le corresponde a la señal de la **Interfase de Entrada**.

El color **amarillo** (nodo 2) le corresponde a la señal del **Set Point**.

El color **rojo** (nodo 3) le corresponde a la señal de salida del **Sumador**.

El color **verde** (nodo 4) le corresponde a la señal de salida del **Controlador Integrativo**.

Para el grosor y color de las señales, vea las páginas 39, 40 y 41.

El Controlador Proporcional Integrativo Derivativo (PID). (de acuerdo al ejemplo de la página 20).

Para inserción y configuración del **Sumador A1** vea páginas 28 y 29

Para inserción y configuración del **Controlador Proporcional A3**: vea páginas 30 y 31

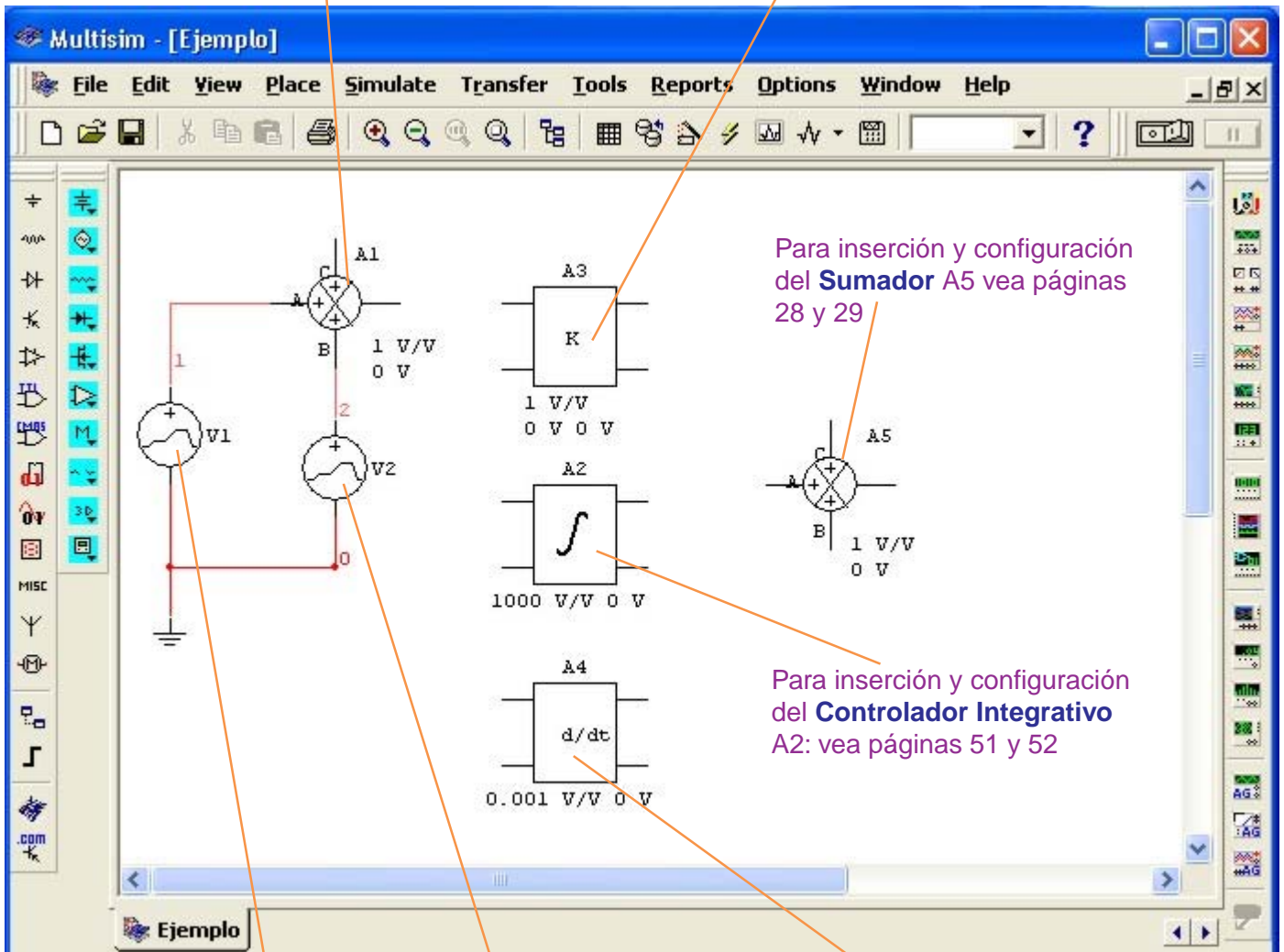
Para inserción y configuración del **Sumador A5** vea páginas 28 y 29

Para inserción y configuración del **Controlador Integrativo A2**: vea páginas 51 y 52

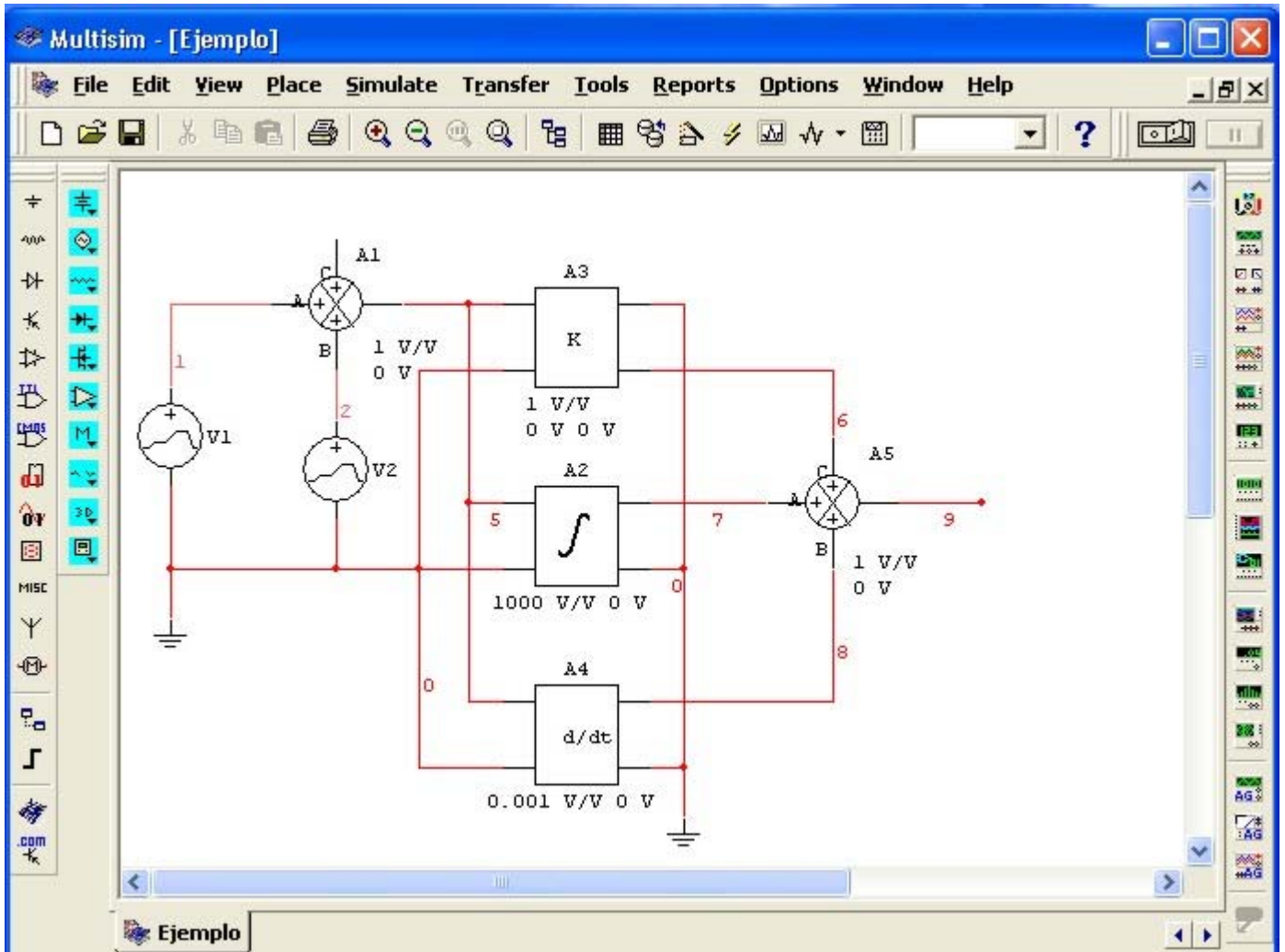
Para inserción y configuración del **Controlador Derivativo A4**: vea páginas 43 y 44

Para tabulación e inserción de la señal **Interfase de Entrada V1**: vea páginas 22, 24 y 25

Para tabulación e inserción de la señal **Set Point V2**: vea páginas 23, 26 y 27



Determinación de los nodos del Controlador PID



En el circuito, tomaremos la salida del Controlador Proporcional (**nodo 6**), salida del Controlador Integrativo (**nodo 7**), salida del Controlador Derivativo (**nodo 8**) y salida del Controlador Proporcional Integrativo Derivativo PID (**nodo 9**).

Configuración del Análisis Transiente para el Controlador Proporcional Integrativo Derivativo (PID).

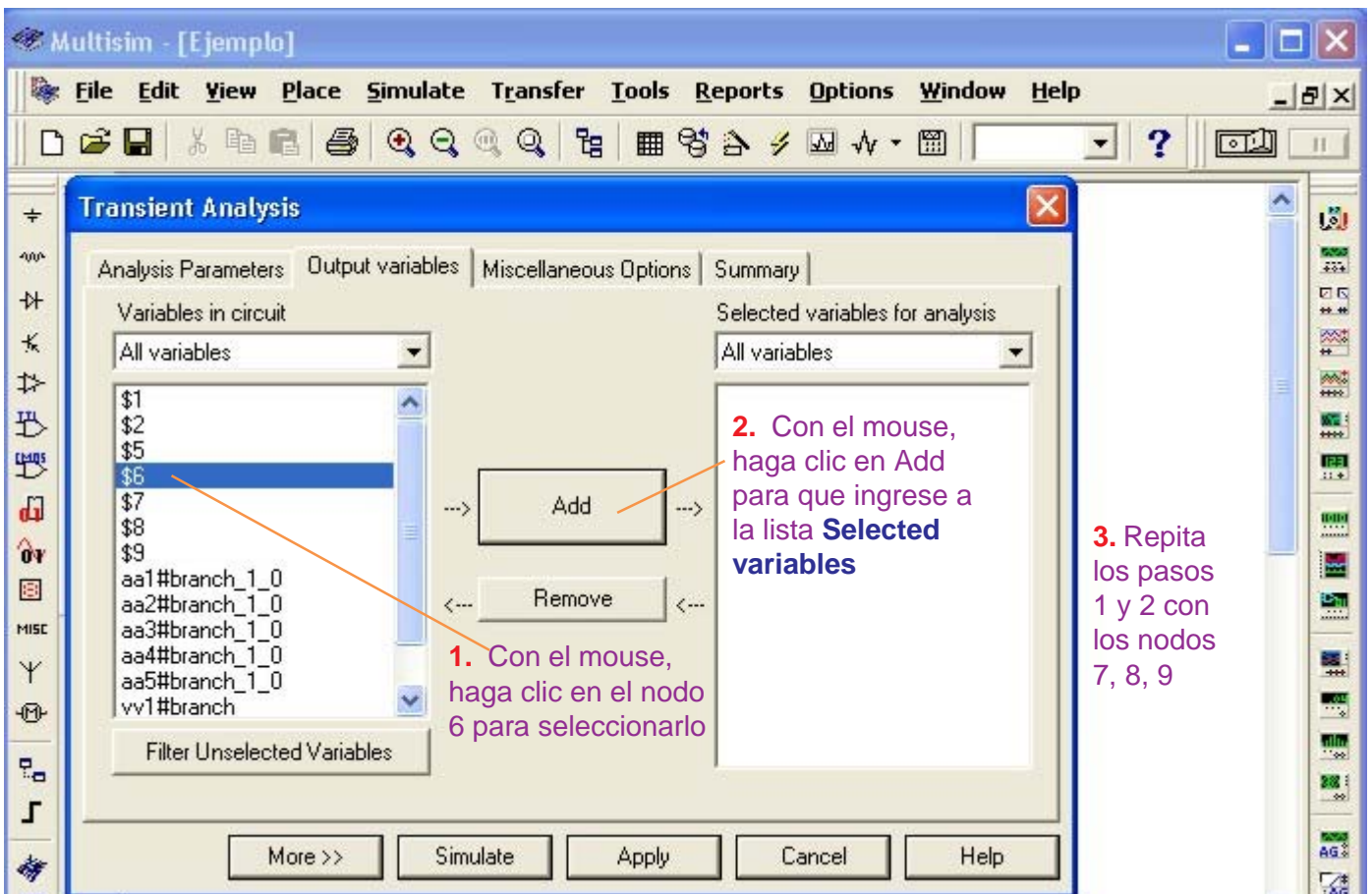
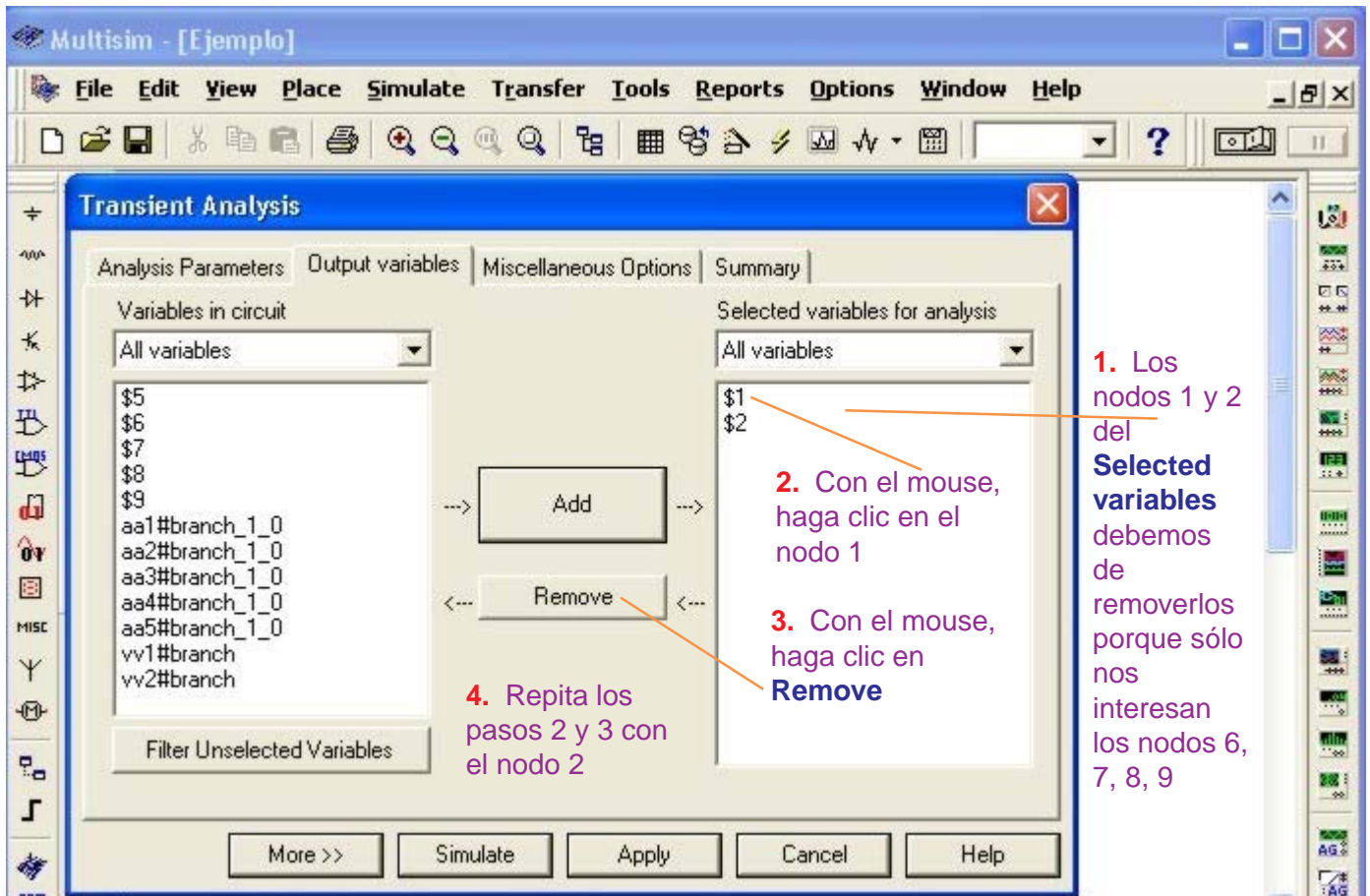
NO ENCIENDA EL SWITCH del Multisim.

Siga el procedimiento siguiente:

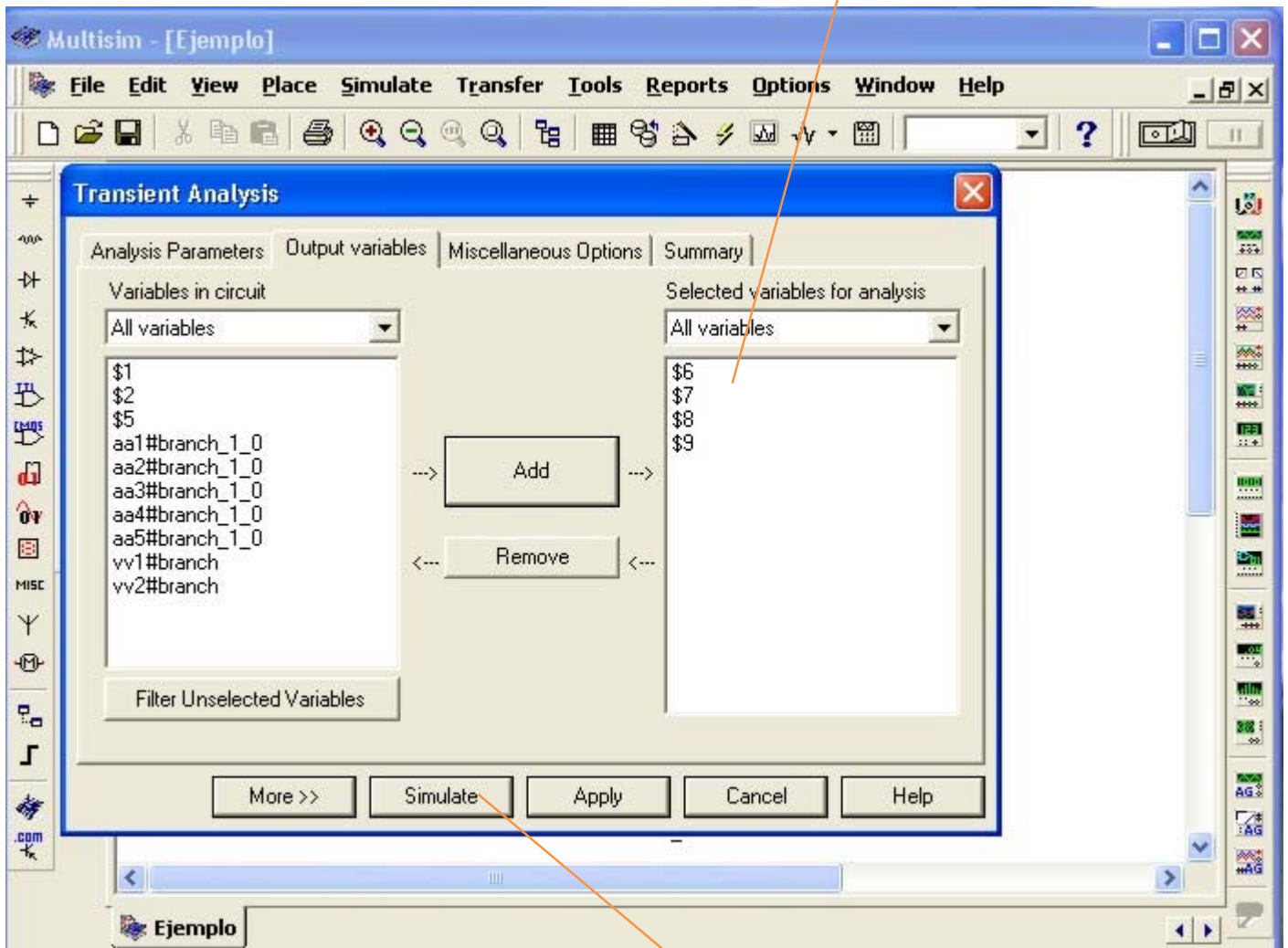
1. Con el mouse, haga clic en **Simulate**

2. Con el mouse, haga clic en **Analyses**

3. Con el mouse, haga clic en **Transient Analysis**

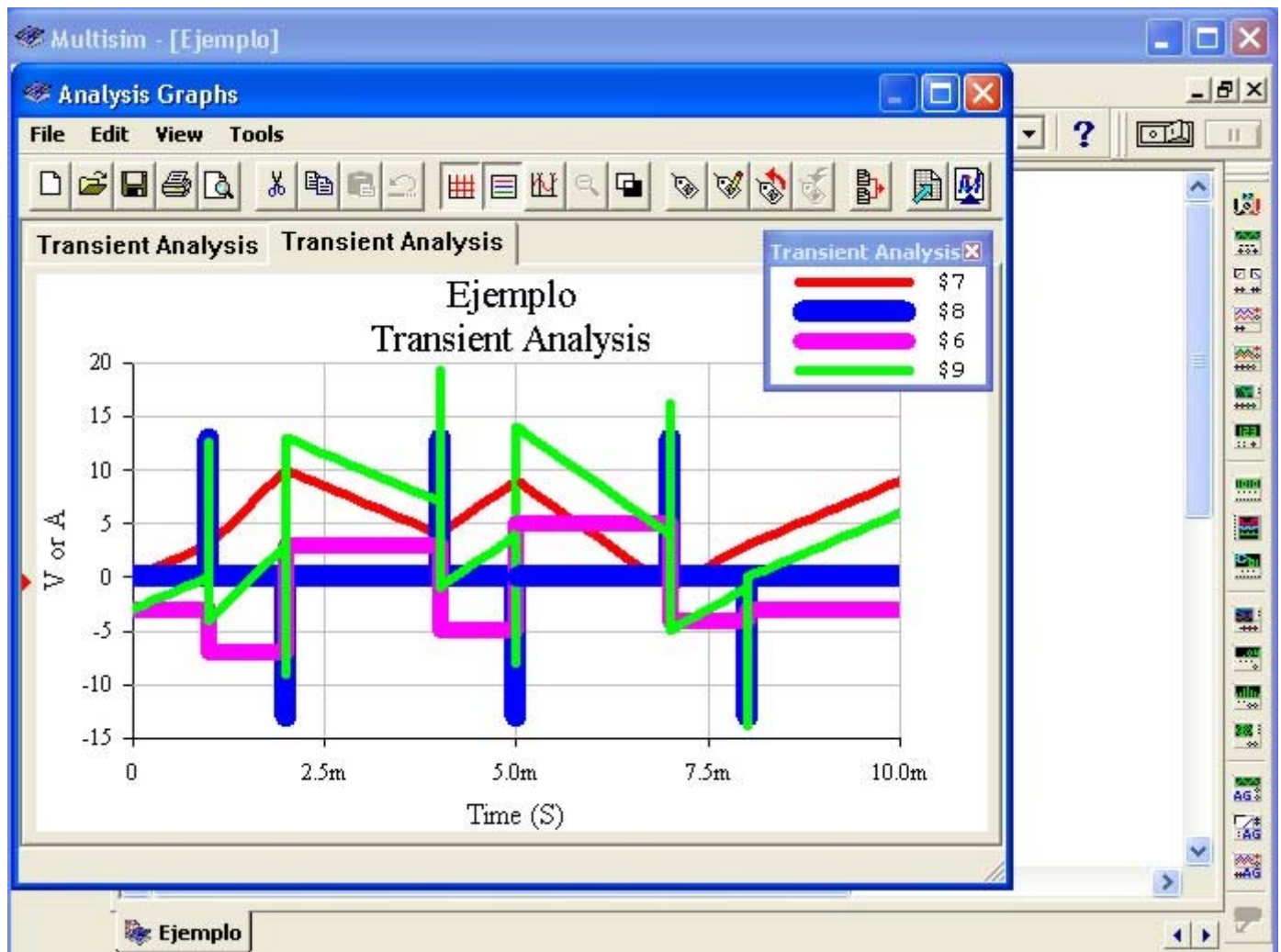


En la lista **Selected variables** tenemos los nodos 6, 7, 8 y 9 seleccionados.



Para observar las señales de los nodos seleccionados, con el mouse haga clic en **Simulate**

Presentación de las señales del Controlador Proporcional Integrativo Derivativo (PID).



Por la leyenda de colores del Transient Analysis:



El color **rojo** (nodo 7) le corresponde a la señal de salida del **Controlador Integrativo**.

El color **azul** (nodo 8) le corresponde a la señal de salida del **Controlador Derivativo**.

El color **fucsia** (nodo 6) le corresponde a la señal de salida del **Controlador Proporcional**.

El color **verde** (nodo 9) le corresponde a la señal de salida del **Controlador Proporcional Integrativo Derivativo (PID)**.

Para el grosor y color de las señales, vea las páginas 39, 40 y 41.