



INTRODUCCIÓN AL PSCAD

Camilo José Carrillo González

Vigo, 2004

**Dpto. de Enxeñaría Eléctrica
Universidade de Vigo**

Índice

I. OBJETIVO	3
II. ¿QUÉ ES EL PSCAD?	3
III. CONCEPTOS PREVIOS	4
IV. EL ENTORNO GRÁFICO	6
V. MI PRIMERA SIMULACIÓN	8

Índice de Figuras

Fig. 1: Parte del contenido de la librería denominada MASTER LIBRARY	5
Fig. 2: Librerías del PSCAD accesibles desde MASTER LIBRARY	5
Fig. 3: Entorno gráfico del PSCAD	6
Fig. 4: Entorno gráfico del PSCAD con sus zonas.....	7
Fig. 5: Crear un nuevo proyecto (desde botón o desde el menú).....	8
Fig. 6: Guardar el proyecto creado (desde botón o desde el menú)	8
Fig. 7: Guardar el proyecto creado (desde botón o desde el menú)	9
Fig. 8: Aspecto del PSCAD con el proyecto recién creado	9
Fig. 9: Menú para el manejo de proyectos.....	10
Fig. 10: Circuito AC a simular	10
Fig. 11: Copia de la fuente de tensión desde la librería principal	11
Fig. 12: Pegar la fuente de tensión en el área de trabajo de nuestro proyecto	11
Fig. 13: Parámetros de la fuente de tensión	11
Fig. 14: Situación de la resistencia y bobina en la paleta de componentes.....	12
Fig. 15: Situación del elemento "wire" y de la masa o nudo de referencia "ground" en la paleta de componentes.....	13
Fig. 16: Aspecto del circuito una vez unidos todos los componentes	13
Fig. 17: Unión eléctrica o cruce entre conductores utilizando los elementos <i>wire</i> y <i>pin</i>	14
Fig. 18: Situación medidores en la paleta de componentes y en la librería Meters	14
Fig. 19: Circuito con voltímetro.....	14
Fig. 20: Variables a representar.....	15
Fig. 21: Ventanas de configuración de Data Label y Output Channel.....	15
Fig. 22: Esquema con elemento Graph Frame y menú de configuración	16
Fig. 23: Graph Frame con dos gráficos	16
Fig. 24: Menú de configuración del Output Channel	17
Fig. 25: Menú de configuración de la gráfica.....	17
Fig. 26: Graph Panel con dos gráficas.....	18
Fig. 27: Parámetros de la simulación	19
Fig. 28: Ventana de salida con los errores del circuito y su localización en el esquema.....	20
Fig. 29: Estado del programa después de la simulación	21

I. Objetivo

El objetivo de este documento es el de servir de sencilla introducción al programa de simulación de circuitos eléctricos PSCAD. Dicho programa se utiliza para docencia en asignaturas de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Minas en la Universidade de Vigo.

II. ¿Qué es el PSCAD?

El PSCAD son las siglas de *Power System CAD* y significa Diseño Asistido por Computador de Sistemas de Potencia. Esta herramienta permite, a partir de la introducción de un esquema eléctrico, simular su comportamiento y analizar los resultados, todo ello en un entorno gráfico de manejo sencillo e intuitivo. Tiene, en consecuencia, integradas herramientas de representación de variables, medidores, elementos de control y modelos de componentes eléctricos.

Uno de los puntos fuertes del PSCAD es su librería de componentes, que la utilización directa en un esquema eléctrico de los componentes más habituales en los sistemas eléctricos, por ejemplo:

- Resistencias (R), bobinas (L), condensadores (C)
- Bobinas acopladas y transformadores, tanto monofásicos como trifásicos
- Líneas aéreas y cables
- Fuentes de tensión e intensidad
- Interruptores y conmutadores
- Componentes de electrónica de potencia como diodos, tiristores e IGBT
- Funciones de control digital y analógico
- Máquinas de continua y alterna, con sus sistemas de excitación, regulación de velocidad y sistemas inerciales
- Medidores
- Convertidores electrónicos, como rectificadores, inversores, HVDC y SVC.

Este programa está accesible de forma gratuita en su versión de estudiante, así como sus manuales y ejemplos de aplicación, desde la página web: <http://www.pscad.com>.

III. Conceptos Previos

III.1 Los ficheros relacionados con el PSCAD

En el PSCAD se generan una serie de ficheros en cada simulación, siendo el principal de ellos aquel donde se almacena el esquema y cuya extensión es `.psc`, recibiendo cada caso que se simule el nombre de **project** (proyecto). De esta forma si queremos abrir un esquema que hayamos creado anteriormente tendremos que ir al comando `Load Project...`, y si queremos guardarlo con otro nombre utilizaremos `Save Project as...`.

Por cada *project* o proyecto, se genera un fichero con el esquema, por ejemplo, `circuitoAC.psc` y una carpeta, por ejemplo `circuitoAC.emt`, donde se almacenan todos los ficheros temporales empleados para la simulación.

III.2 Las librerías de componentes

La librería de componentes se llama Master Library (ver **L** en el área de proyecto en Fig. 4 y una muestra de su contenido en Fig. 1). En ella se encuentran directamente los componentes habitualmente más utilizados, y desde aquí se puede acceder al resto de las librerías de componentes del PSCAD, las cuales se muestran en la Fig. 2 y siendo las más empleadas:

- HVDC y FACTS, donde están los rectificadores, inversores...
- Power Transformers: Transformadores trifásicos y monofásicos
- Sources: Fuentes de tensión e intensidad, dependiente e independientes
- Faults: Elementos para la simulación de cortocircuitos
- Breakers: Interruptores
- TLines: Líneas eléctricas
- Meters: Amperímetros, voltímetros, valor eficaz, potencia...
- I/O Devices: Elementos de actuación o entrada, como interruptores, pulsadores, potenciómetros..., así como elementos de salida para la representación gráfica de resultados.
- Passive: Configuraciones RLC más habituales
- Machines: Modelos de las máquinas eléctricas de inducción, síncronas... así como sus elementos de regulación más usuales

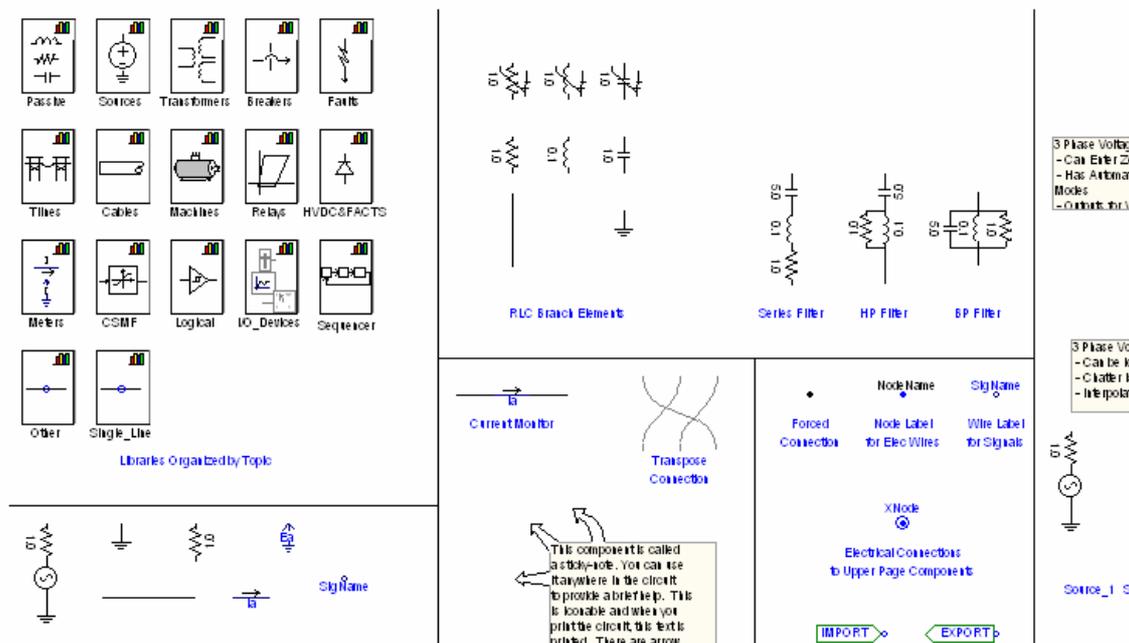


Fig. 1 Parte del contenido de la librería denominada MASTER LIBRARY

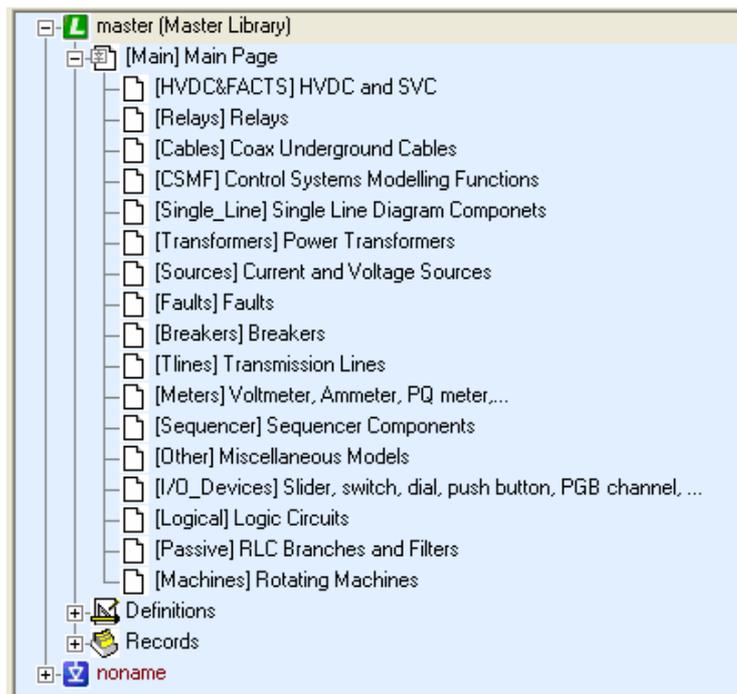


Fig. 2: Librerías del PSCAD accesibles desde MASTER LIBRARY

IV. El Entorno Gráfico

El PSCAD es un programa diseñado para trabajar en un entorno Microsoft Windows, de forma que cuando se inicia el programa aparece la ventana mostrada en la Fig. 3.

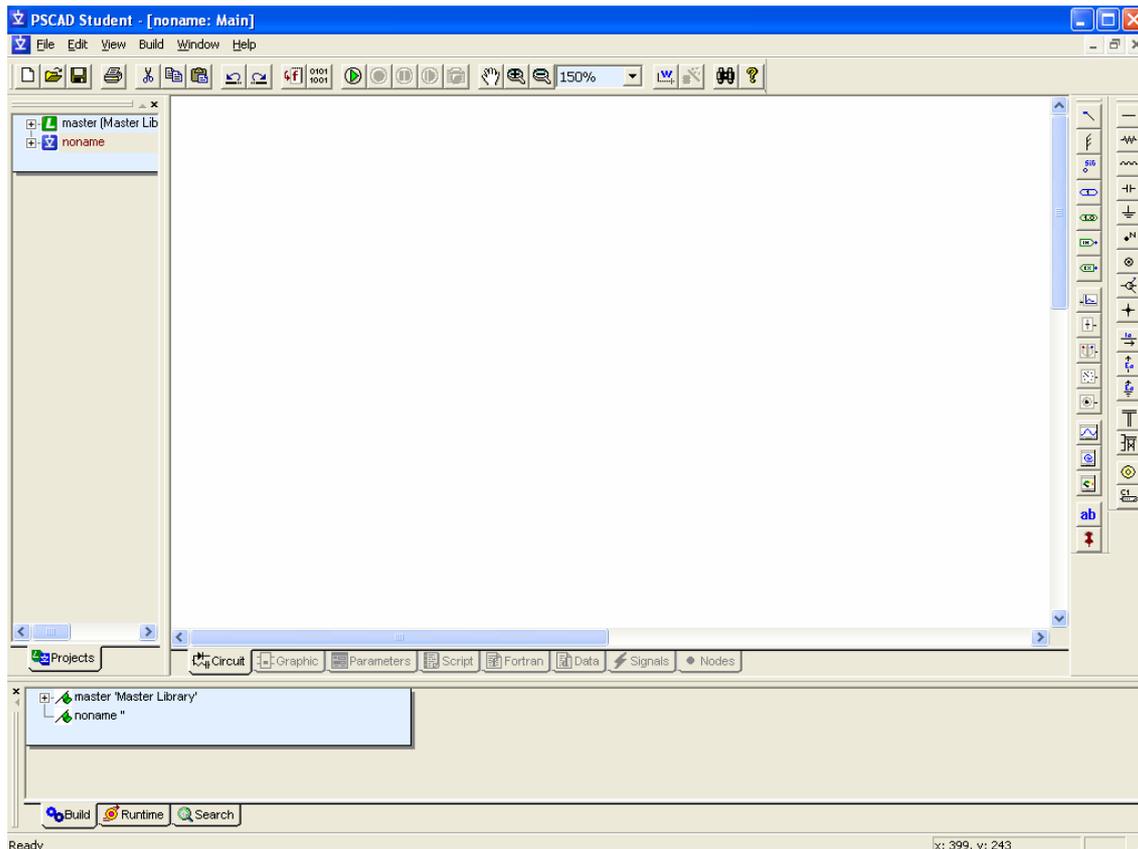


Fig. 3: Entorno gráfico del PSCAD

Dentro de este entorno gráfico se han de distinguir las siguientes zonas de trabajo:

- Área de trabajo: que es la parte central (en blanco en la Fig. 3) donde se dibujaran los sistemas eléctricos
- Área de proyectos: es la ventana donde se muestran los proyectos (esquemas eléctricos) que se están utilizando y recibe el nombre de *WORKSPACE* o *PROJECTS*.
- Paletas de componentes, donde se sitúan botones con aquellos elementos más utilizados, tanto eléctricos (*Electrical Palette*) como de control (*Control Palette*), y desde donde podemos utilizar resistencias, conductores de conexión...
- Ventana de salida, donde se nos informa del estado de la simulación, lo errores que pueda tener el circuito...

- Barra principal de herramientas, desde la que se accede a las funciones cerrar y abrir proyectos, zoom, inicio de la simulación, copiar, pegar...

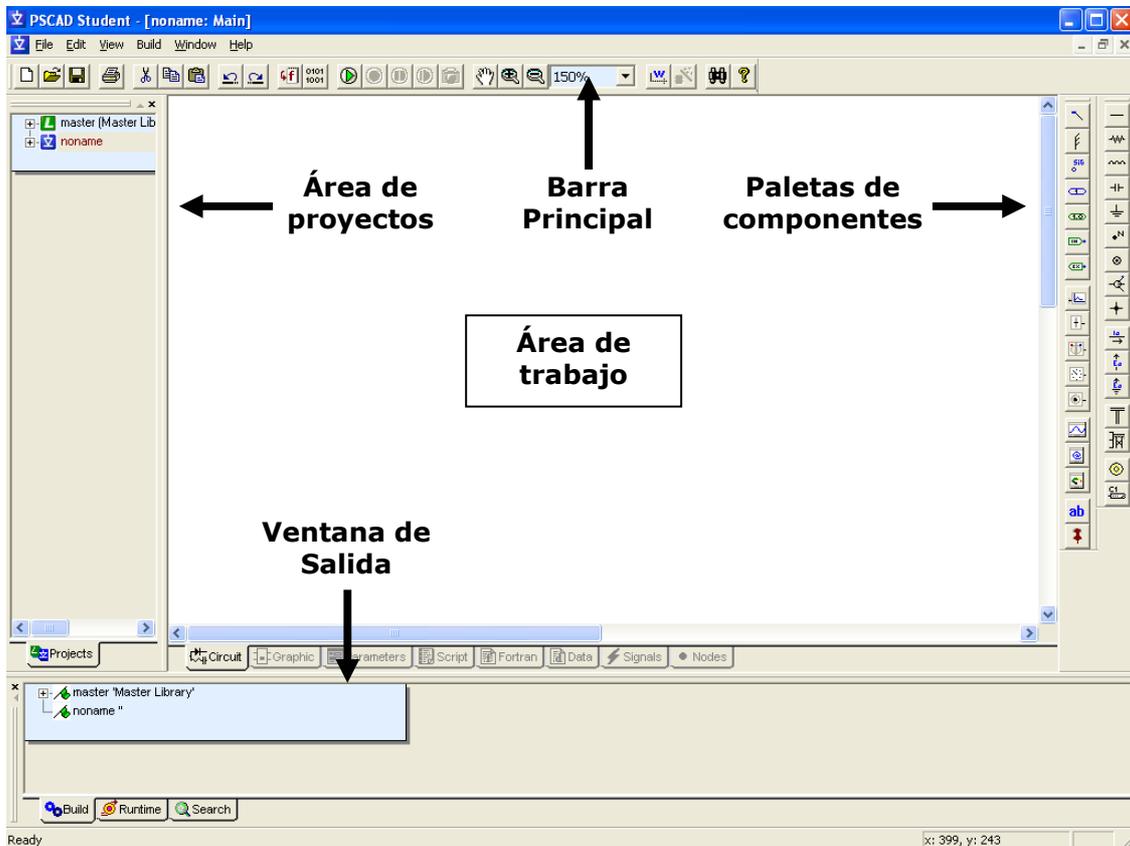


Fig. 4: Entorno gráfico del PSCAD con sus zonas

V. Mi Primera Simulación

En este apartado se van a enumerar los pasos para realizar una primera simulación en PSCAD.

V.1 CREAR EL PROYECTO

PASO Nº 1: Nuevo proyecto

Se va a crear un nuevo proyecto, lo cual se puede hacer desde el botón correspondiente de la barra de herramientas  o bien desde el menú de manejo de ficheros: "File > New > Case Ctrl+N" (ver Fig. 5).

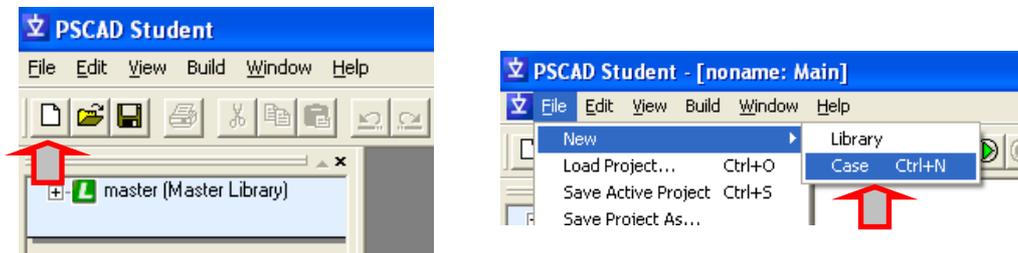


Fig. 5: Crear un nuevo proyecto (desde botón o desde el menú)

PASO Nº 2: Guardar el proyecto

Para almacenar este proyecto con un nombre distinto se utiliza el comando "Save Project As..." (ver Fig. 6) o bien el botón , poniéndole el nombre de "PracticaXEE_01.psc", tal y como se muestra en la Fig. 7.

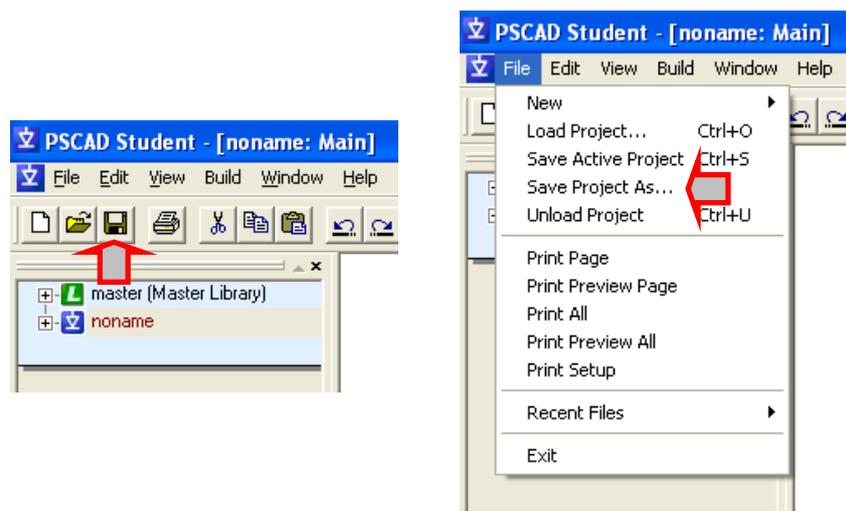


Fig. 6: Guardar el proyecto creado (desde botón o desde el menú)

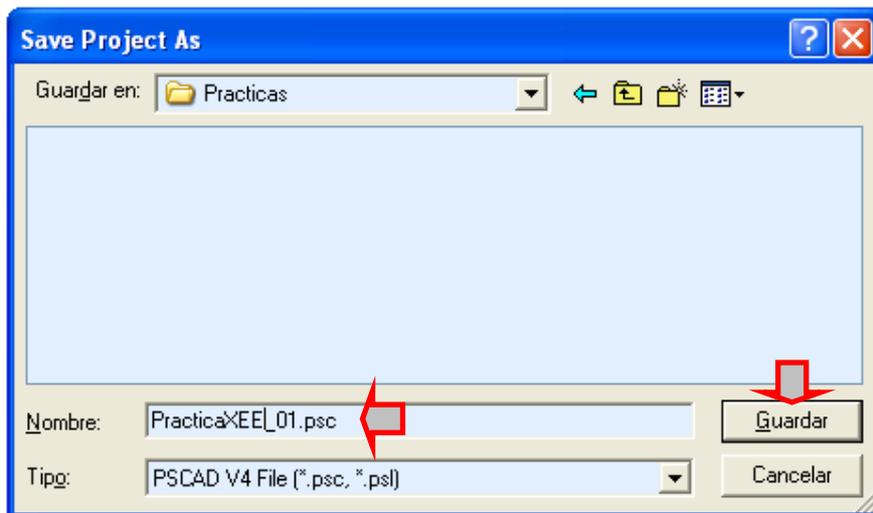


Fig. 7: Guardar el proyecto creado (desde botón o desde el menú)

PASO Nº 3: El proyecto está creado

Una vez creado y guardado el fichero anterior en la ventana de proyectos debe aparecer el proyecto creado (en este caso PracticaXEE_01) además de la librería principal (MASTER LIBRARY) y otros proyectos que se hayan cargado anteriormente.

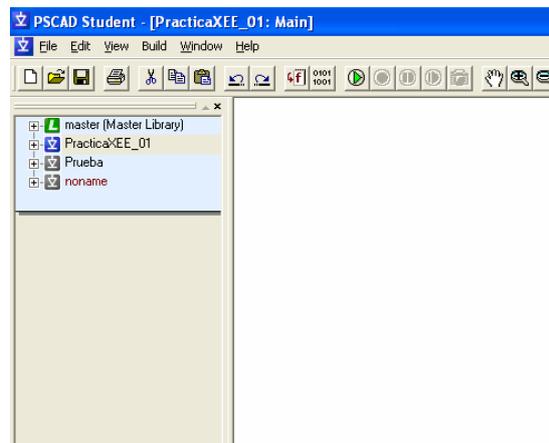


Fig. 8: Aspecto del PSCAD con el proyecto recién creado

PASO Nº 4: Control de área de proyectos

Cuando se tienen varios proyectos cargados (en la Fig. 8 se pueden ver el *PracticaXEE_01*, *Prueba* y *noname*) es necesario decirle al programa cual vamos a utilizar, esto es, cual está activo. El que está activo tiene en azul el icono , mientras que el resto está en gris . La librería principal (master) está marcada con el icono verde .

Para activar un proyecto nos situamos con el ratón sobre su nombre (en nuestro ejemplo *PracticaXEE_01*), hacemos "click" con el botón derecho y se despliega el *menú de control de proyectos* de la Fig. 9. En ese momento hacemos "click" sobre la opción "Set As Active". Además, haciendo "doble click" sobre el nombre del proyecto veremos el esquema asociado a él.

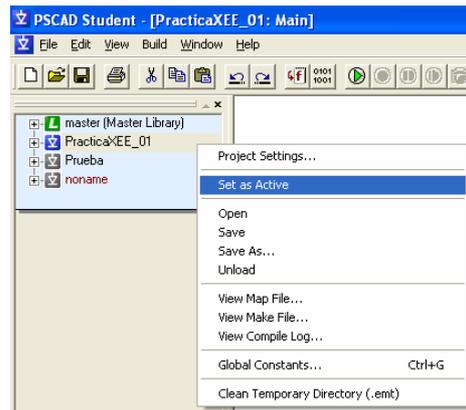


Fig. 9: Menú para el manejo de proyectos

Otros elementos importantes del *menú de control de proyectos* mostrado en la Fig. 9 son:

- *Projects Setting...* Es donde se definirán los parámetros de simulación (se explicará en detalle en apartados siguientes)
- *Set As Active*. Se le dice al programa que ese es el proyecto que se va a simular
- *Open*. Se abre un nuevo proyecto
- *Save*. Se guarda el proyecto en disco duro
- *Save as...* Se guarda el proyecto poniéndole un nombre distinto
- *Unload*. Se elimina el proyecto de la lista de proyectos

V.2 Diseño del esquema eléctrico

Para este ejemplo se va a diseñar un circuito de CA con una fuente de tensión real, una resistencia y una bobina, como el mostrado en la Fig. 10, y cuyos parámetros son:

- Resistencia: $R = 1 \Omega$
- Bobina: $L = 0.1 \text{ H}$
- Fuente de tensión real:
 - Valor eficaz tensión: $E = 230 \text{ V}$
 - Frecuencia: 50 Hz
 - Resistencia Interna: $R_g = 0.1 \Omega$

Este esquema se representará en el PSCAD y, mediante simulación, se mostrarán la tensión en la bobina y la intensidad en el circuito.

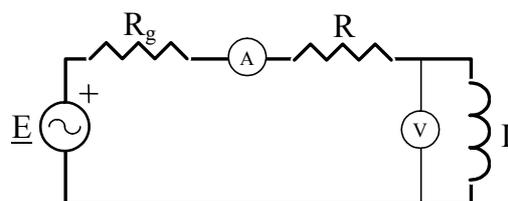


Fig. 10: Circuito AC a simular

PASO Nº 1: Búsqueda y copia de la fuente de tensión

Hacemos "doble click" sobre Master Library  con lo que se nos mostrarán en el área de trabajo los elementos de la librería. A continuación buscamos por la página una fuente de tensión monofásica. Nos ponemos sobre ella con el ratón y haciendo "click" con el botón de la derecha, nos aparece el menú desde el que podemos copiar el elemento ("Copy").

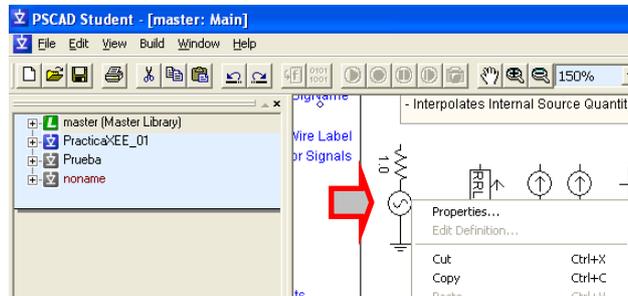


Fig. 11: Copia de la fuente de tensión desde la librería principal

PASO Nº 2: Situar la fuente de tensión en nuestro esquema

Una vez copiada la fuente (Copy) hacemos "doble click" sobre nuestro proyecto y pegamos (Paste) la fuente de tensión en el área de trabajo (haciendo "click" con el botón de la derecha sobre el área de trabajo aparece el menú de Copy and Paste), tal y como se muestra en .

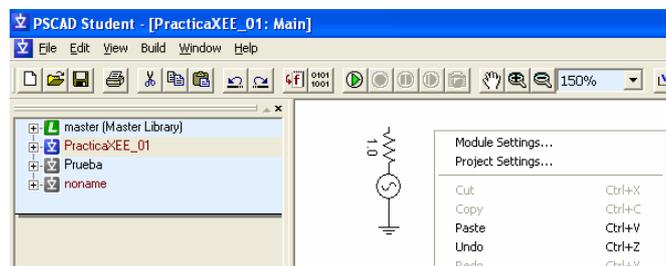


Fig. 12: Pegar la fuente de tensión en el área de trabajo de nuestro proyecto

PASO Nº 3: Parametrización de la fuente de tensión

Haciendo "doble click" sobre la fuente de tensión aparecen los parámetros de la misma agrupados en categorías (Configuration, Signal Parameters, Resistance...), tal y como se muestra en Fig. 13.

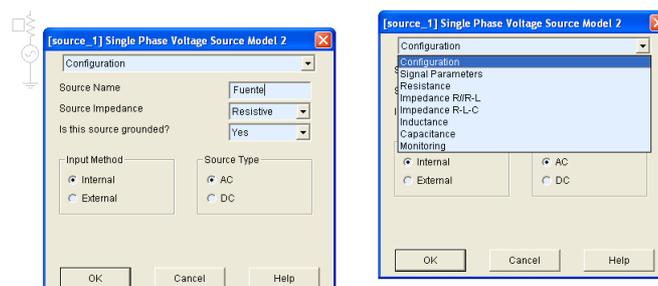


Fig. 13: Parámetros de la fuente de tensión

A la fuente le pondremos los siguientes parámetros:

Configuration: (principales parámetros de la fuente)

- *Source Name:* Fuente (nombre de la fuente)
- *Source Impedance:* Resistive (tipo de impedancia en serie con la fuente)
- *Is this source grounded?* Yes (Decimos si está unida o no al nudo de referencia)
- *Input Method:* Internal
- *Source Type:* AC

Signal parameters: (Parámetros nominales de la fuente)

- *Mag. :* 0.230 kV (magnitud de la tensión de la fuente)
- *Frequency:* 50 Hz
- *Initial Phase:* 0.0 [°]
- *Ramp up Time:* 0.05 [sec] (tiempo de inicialización, la tensión de la fuente vale cero al inicio y tarda 0.05 segundos en alcanzar los 0.230 kV)

Resistance: (valor de la resistencia en serie)

- Resistance: 0.1 [ohm]

Monitoring: (variables de monitorización de la fuente)

- *Name for Source Current:* Iout (nombre de la variable asociada a la corriente de la fuente).

PASO Nº 4: Situar y parametrizar la resistencia y la bobina

Se pueden repetir los pasos 1 y 2 para situar una resistencia  y una bobina , o bien, escogerlas en los botones existentes en las paletas de controles y elementos (ver Fig. 14).

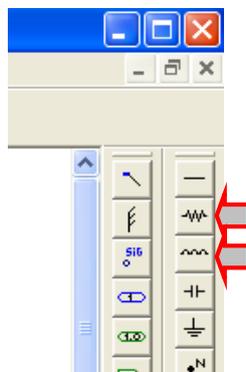


Fig. 14: Situación de la resistencia y bobina en la paleta de componentes

Poner los valores de la resistencia (resistance) a 10 Ω y el de la bobina (inductance) a 0.01 H haciendo "doble click" sobre ellas.

Para rotar los elementos se hace "click" sobre ellos y se pulsa la tecla R

PASO Nº 5: Conectar componentes

Para la conexión eléctrica de los distintos componentes se utiliza el elemento "wire" (cable, conexión...) que se puede encontrar en la Master Library o directamente en la paleta de elementos .

Los elementos se unen poniendo en contacto sus extremos, o bien uniéndolos con elemento tipo "wire". **Es muy importante que la longitud del elemento sea exactamente igual a la distancia que hay entre los elementos.** La longitud se varía haciendo "click" en los extremos y se rota pulsando la tecla R.

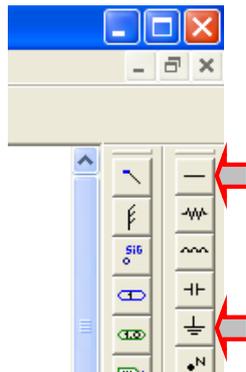


Fig. 15: Situación del elemento "wire" y de la masa o nudo de referencia "ground" en la paleta de componentes

En el PSCAD es necesario que en cualquier circuito exista un nudo de referencia o masa, el cual se denomina GROUND y se representa como \perp . Existen muchos componentes que ya tienen uno de sus extremos a este tipo de nudo.

Para cerrar el circuito que utilizamos como ejemplo, uniremos uno de los extremos de la bobina a este nudo, para ello primero lo situaremos en el esquema escogiéndolo de la paleta de componentes (ver Fig. 15).

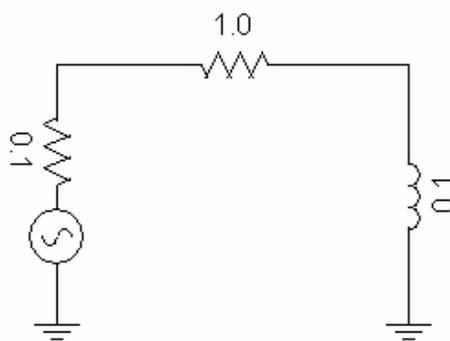


Fig. 16: Aspecto del circuito una vez unidos todos los componentes

NOTA: En el PSCAD dos conductores (*wire*) que se cruzan pero que no hacen contacto eléctrico se pueden unir utilizando el elemento "pin"  de la paleta de controles (ver)

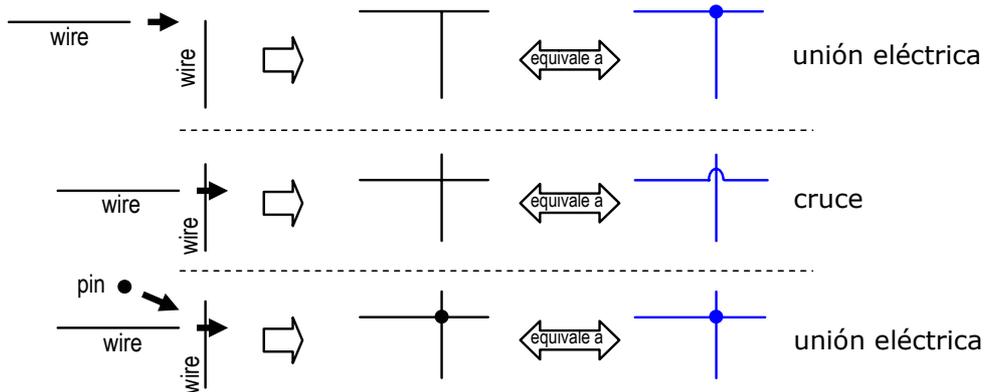


Fig. 17: Unión eléctrica o cruce entre conductores utilizando los elementos *wire* y *pin*.

PASO Nº 6: Situación de medidores

En el ejemplo situaremos un voltímetro entre uno de los extremos de la bobina y masa para medir la tensión en este elemento (ver Fig. 19). Para ello se escogerá el voltímetro existente en la paleta de elementos , aunque para ver la colección completa de *medidores* del PSCAD hay que ir a la librería:  *Master Library* > [*Meters*] (ver Fig. 18).

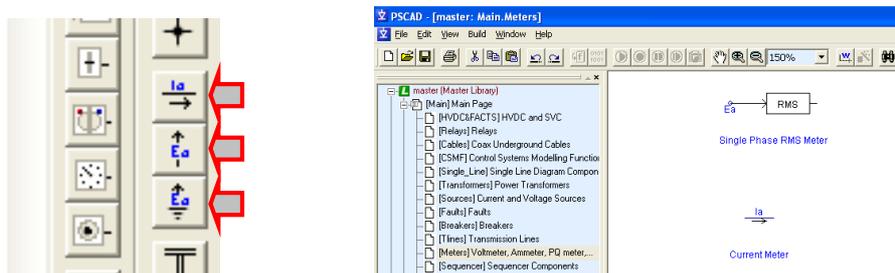


Fig. 18: Situación medidores en la paleta de componentes y en la librería Meters

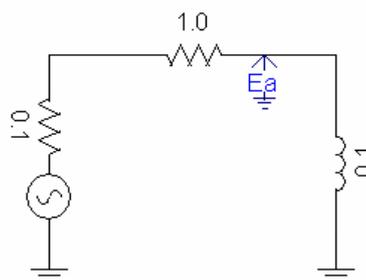


Fig. 19: Circuito con voltímetro

V.3 Gráfica con la evolución de tensiones e intensidades

Una vez representado el circuito y situados los medidores en la variables que consideremos de interés, hay que indicarle al PSCAD cuales son las variables o medidas que queremos representar y como. En este ejemplo tenemos 2 variables representables, la tensión en la bobina "Ea" y la intensidad de la fuente "Iout" (ver *Signal Parameters* en la fuente de tensión).

PASO Nº 1: Situar la variable a representar

Para ello escogemos en la paleta de controles (o en  Master Library) el elemento *Data Label*  y el elemento *Output Channel*  uniéndolos mediante un elemento *Wire*  (ver Fig. 20).



Fig. 20: Variables a representar

Al elemento *Data Label* le ponemos el nombre de la variable a representar haciendo "doble click" sobre él, y en el elemento *Output Channel* le decimos como queremos representarla (título, unidades, factor de escala...) también haciendo "doble click".

Representaremos las variable Ea e Iout titulándolas, respectivamente, como *Tensión Bobina* e *Intensidad Circuito* (ver Fig. 21)

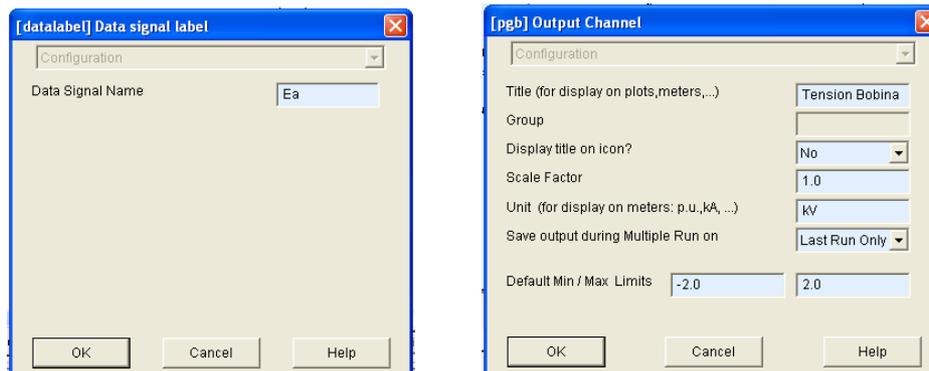


Fig. 21: Ventanas de configuración de Data Label y Output Channel

PASO Nº 2: Situar la ventana de representación

Las variables se representarán una vez realizada la simulación en un gráfico (*Graph Frame* ) que será necesario configurar. Para ello escogemos de la paleta (o de  Master Library) el icono *Graph Frame*  y lo situamos en el area de trabajo (Fig. 22). **El cuadro que aparece se**

puede escalar haciendo "click" y arrastrando los cuadraditos verdes que lo rodean.

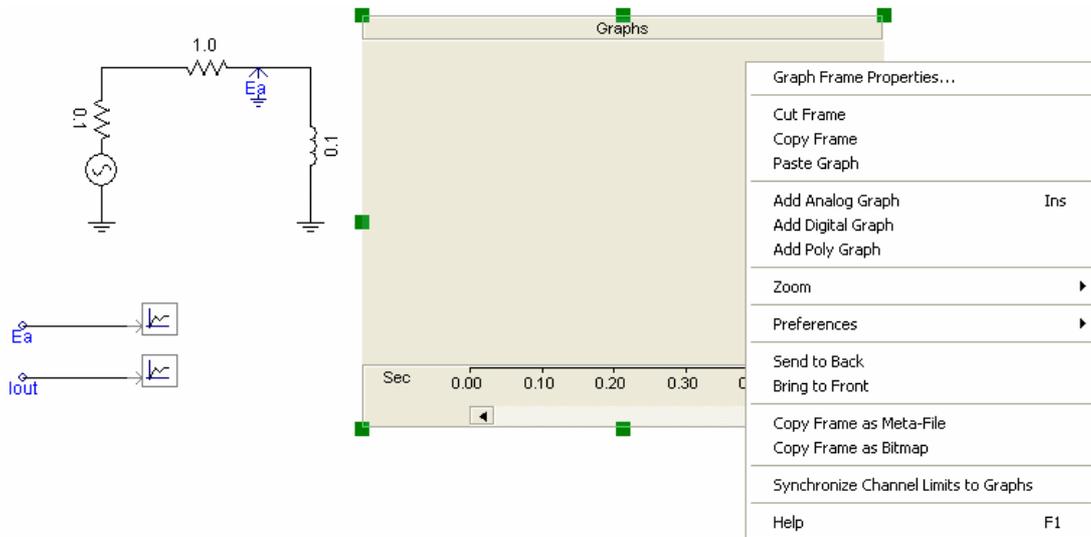


Fig. 22: Esquema con elemento Graph Frame y menú de configuración

Haciendo "click" con el botón de la derecha en la barra de título del cuadro recién creado, aparece el menú de configuración, donde haremos "click" sobre *Add Analog Graph*, de forma que se añade una gráfica de representación. Se nos añaden tantas gráficas como veces repetimos este proceso (Fig. 23).

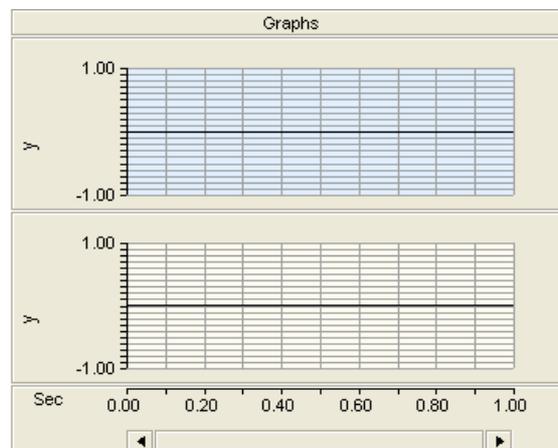


Fig. 23: Graph Frame con dos gráficos

PASO Nº 3: Añadir a las gráficas las variables a representar

Para enviar las variables a las gráficas recién creadas hacemos "click" con el botón derecho sobre el *Output Channel* titulado "Tensión Bobina" con lo que aparece el menú mostrado en Fig. 24, y se hace "click" sobre "Add as curve"

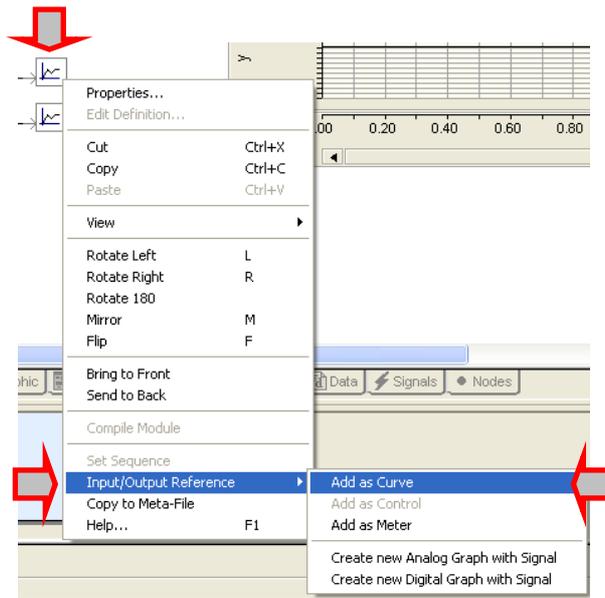


Fig. 24: Menú de configuración del Output Channel

A continuación se hace "click" con el botón derecho sobre una de las gráficas (ver Fig. 25) y se selecciona *Paste Curve*.

Se repite el proceso con el otro *Output Channel* titulado "Intensidad Circuito" obteniéndose las gráficas mostradas en Fig. 26.

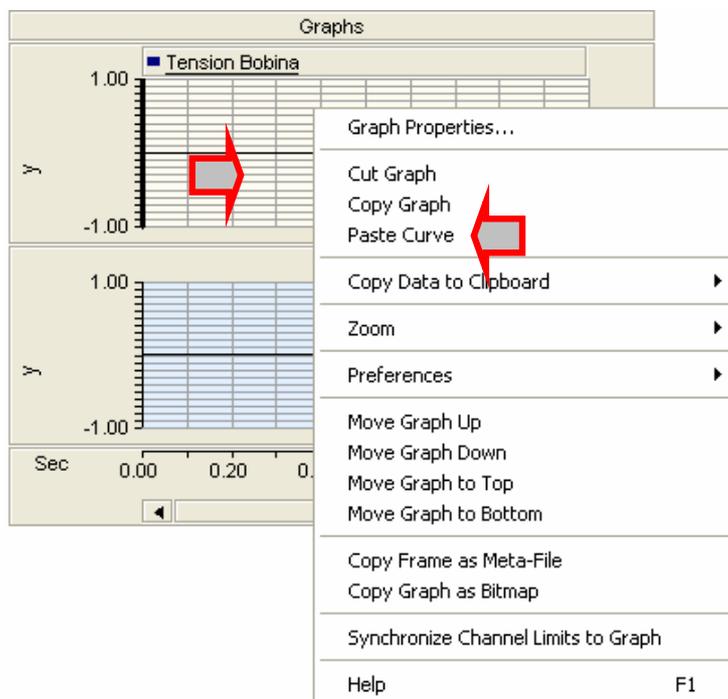


Fig. 25: Menú de configuración de la gráfica

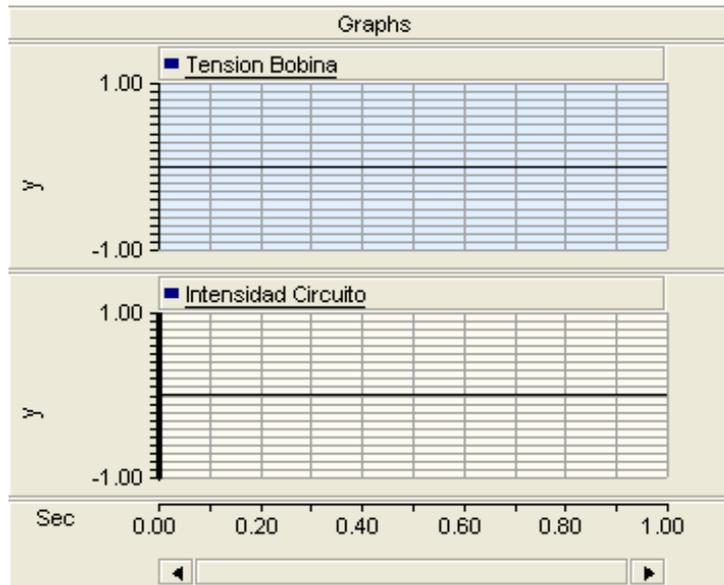


Fig. 26: Graph Panel con dos gráficas

V.4 Simulación

En este apartado se definen los pasos necesarios para la simulación del circuito y la visualización de los resultados

PASO Nº 1: Parámetros de simulación

Haciendo "click" con el botón derecho sobre el nombre del proyecto, en este caso PracticaXEE_01, aparece el *menú de configuración de proyectos* mostrado en la Fig. 9. En ese menú escogemos la opción *Project Settings*, con lo que aparece la ventana mostrada en Fig. 27. En esta ventana los parámetros más relevantes son:

- *File*: nombre del proyecto que vamos a simular
- *Description*: descripción del mismo, podemos poner el texto que nos parezca oportuno
- *Duration of run (sec)*: Tiempo de simulación para el circuito, en nuestro ejemplo pondremos 0.5 sec.
- *EMTDC time step (uS)*: Es el tiempo que hay entre dos valores consecutivos a simular. Por ejemplo, si queremos simular el comportamiento una forma de onda sinusoidal que tiene un período de 20 ms tendremos que coger varios puntos por ciclo, por ejemplo, 20 puntos por ciclo. Esto quiere decir que estos puntos estarán separados $20 \text{ ms} / 20 = 1 \text{ ms}$ (1000 uS).
- *PSCAD plot step (uS)*: Es el tiempo que hay entre dos valores consecutivos representados en las gráficas, ha de ser igual o mayor que el valor anterior.

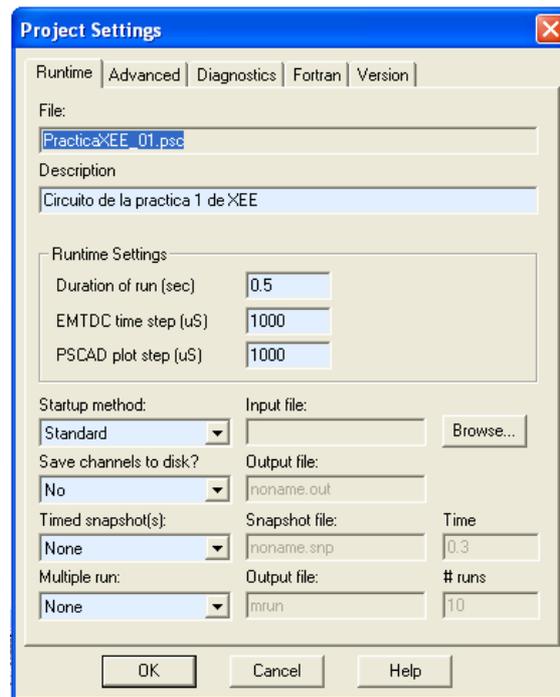


Fig. 27: Parámetros de la simulación

PASO Nº 2: Simulación y resultados

Una vez configurada la simulación pulsamos el botón de inicio de simulación **RUN**  situado sobre la barra de herramientas o bien desde el menú accedemos a: *Build* → *Run*.

El PSCAD empezará a compilar el proyecto, lo cual quedará representado por el movimiento de los engranajes  de la parte inferior derecha de la ventana.

PASO Nº 3: Errores en la simulación

Si una vez iniciada la simulación no aparece ningún resultado o aparece un mensaje de error, tendremos que ir a la ventana de salida (ver Fig. 4) en la solapa *BUILD* y ver los errores del circuito, tal y como se muestra en Fig. 28. Si se hace "doble click" sobre el error se nos muestra en el esquema en que parte del mismo se encuentra dicho error marcándolo con una flecha roja (ver Fig. 28).

Por ejemplo, el error que aparece en el ejemplo es "Branch is a short". Si se hace "doble click" sobre él aparece la línea roja sobre el esquema indicándonos que hemos empleado un "wire" o conexión demasiado largo. Acortamos la conexión y le volvemos a dar a **RUN** .

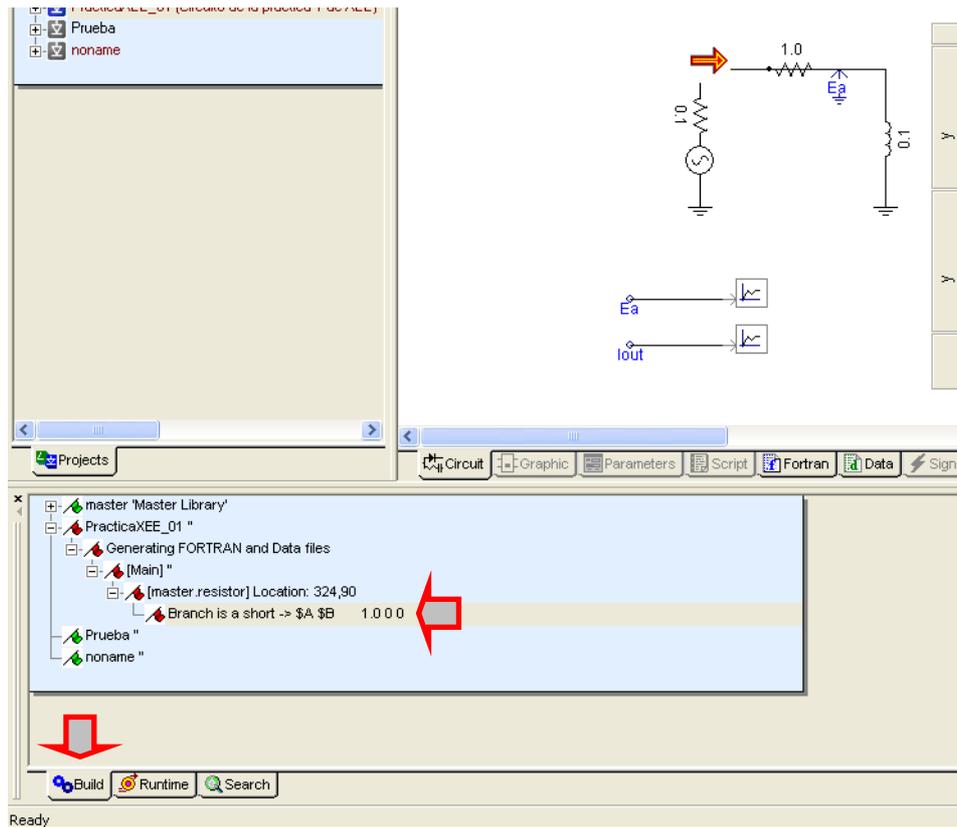


Fig. 28: Ventana de salida con los errores del circuito y su localización en el esquema

PASO Nº 4 : RESULTADOS

Una vez finalizada la simulación los resultados pueden verse en las gráficas creadas en los apartados anteriores.

El aspecto de las gráficas se puede variar si nos situamos sobre ellas le damos al botón de la derecha para que aparezca el menú mostrado en Fig. 25, de esta forma se puede ajusta el ZOOM, en *Graph Properties* se puede poner un título, un nombre para los ejes...

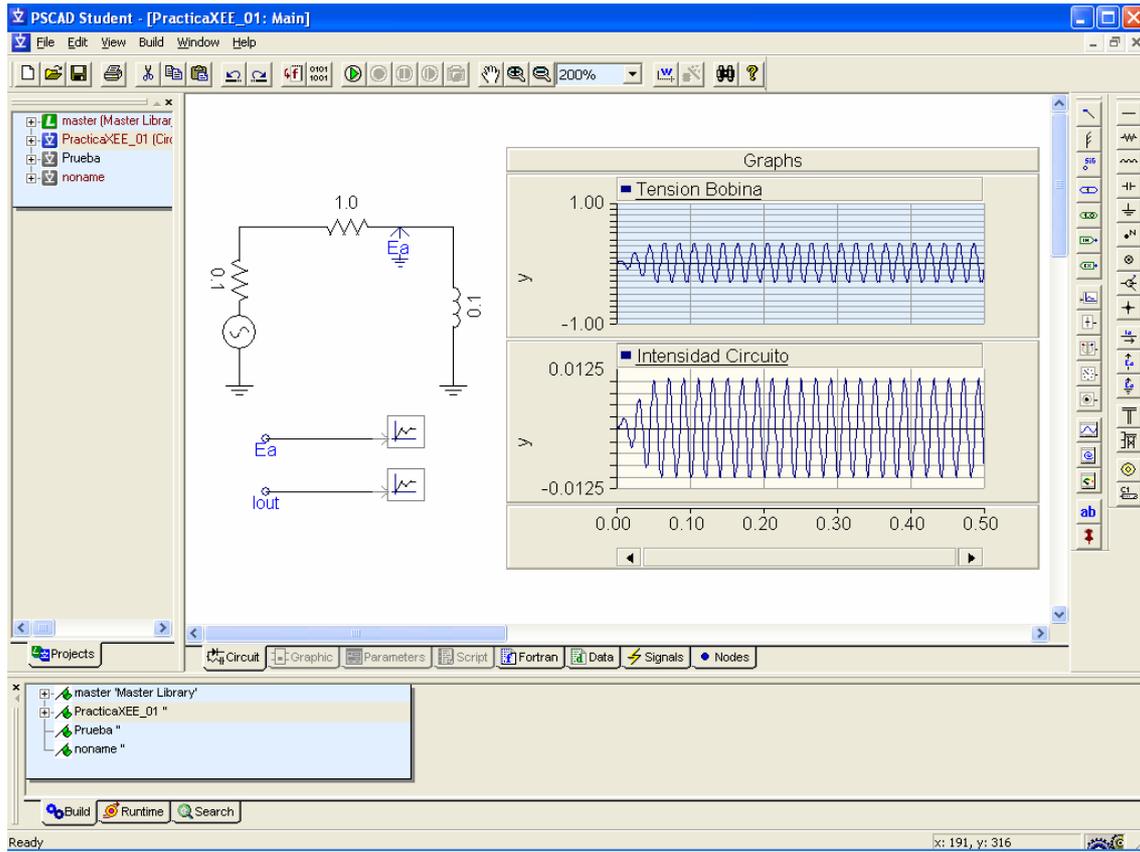


Fig. 29: Estado del programa después de la simulación