

ANEXO 2 - SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS CON PSCAD

INDICE

1.1.	Introducción	1
1.2.	Versiones Educativas y gratuita	1
1.3.	Compilador Fortan	3
1.4.	Primeros pasos para la simulación con PSCAD	4
1.4.1.	<i>Descripción del entorno de trabajo</i>	4
1.4.2.	<i>Librería de componentes (Master Library)</i>	6
1.4.3.	<i>Creación de un nuevo modelo</i>	7
1.4.4.	<i>Configuración del proyecto</i>	8
1.4.5.	<i>Creación y simulación de nuevos modelos</i>	10
1.5.	Bibliografía	18

1.1. Introducción

Con la evolución de los sistemas eléctricos desde los sistemas más simples hasta aquellos diseñados cada vez con una mayor complejidad, la necesidad de disponer de herramientas adecuadas con las que realizar el diseño y simulación de estos sistemas es mayor. PSCAD/EMTDC es una herramienta desarrollada por la empresa canadiense Manitoba Hydro International Ltd. (MHI) en la década de los 80 [2] [5]. MHI proporciona servicios y soluciones innovadoras en el campo de la energía y de las telecomunicaciones, operando dentro del sector eléctrico y con clientes en 120 países. PSCAD se ha convertido en una herramienta de referencia en el momento de abordar la compleja tarea de simular sistemas con estados transitorios electromagnéticos (EMT).

El software de simulación citado permite entre otras funciones y aplicaciones, las descritas a continuación:

- ✓ Simulación y diseño de aislamientos, de caída de rayos, conmutación, TOV (Sobretensiones temporales, traducido del inglés por “Temporary OverVoltages”) y TRV (Voltajes de recuperación transitoria, traducido del inglés por “Temporary Recovery Voltages”).
- ✓ Simulación de armónicos, ferresonancia y análisis de factores y calidad de potencia.
- ✓ Electrónica de potencia, sistemas HVDC, etc.
- ✓ Simulación de plantas de generación solar, eólica, hidráulica y generación distribuida.
- ✓ Protecciones y relés.
- ✓ Análisis y estudio de fallos en aparamenta y equipos eléctricos.

Todas estas funciones se pueden combinar entre si dando lugar a archivos ejecutables mediante los cuales poder simular con bastante rapidez sistemas excesivamente complejos que mediante el empleo de otras herramientas de cálculo, constituiría una tarea excesivamente tediosa y compleja de abordar.

1.2. Versiones Educativas y gratuita

El software de simulación completo presenta el inconveniente de tener un elevado precio, que para el ámbito de aplicación de este Trabajo de Fin de Master se ha decidido no optar por dicha versión, y comprobar la idoneidad de las versiones menos completas para el estudio que se pretende realizar. En este trabajo se abordará la simulación de los armónicos de la corriente eléctrica y su influencia sobre los transformadores eléctricos de potencia, para lo cual se ha considerado oportuno y se ha comprobado tras realizar sendas pruebas

con el software de versión gratuita¹, que sirve de manera adecuada al propósito que se pretende conseguir.

No obstante, la versión gratuita presenta el inconveniente de no poder realizar simulaciones con un gran número de componentes, limitando su uso a 16 nodos eléctricos (15 conexiones eléctricas mediante cables entre elementos cuales quiera y una conexión común a tierra o “Ground”, aplicando las redes de Kirchhoff). En otros aspectos, el sistema es completamente operativo y (salvo las funcionalidades que son de pago), por tanto, se cree adecuado para la realización de este trabajo.

La versión gratuita requiere previamente de la creación y registro de una cuenta de usuario dentro de la base de datos del MHI, tras la cual, se recibirá vía e-mail (el mismo que se ha empleado para la creación de la cuenta) una contraseña con el nombre de usuario para poder adquirir los certificados y utilizar el programa de forma adecuada (Figura 1).

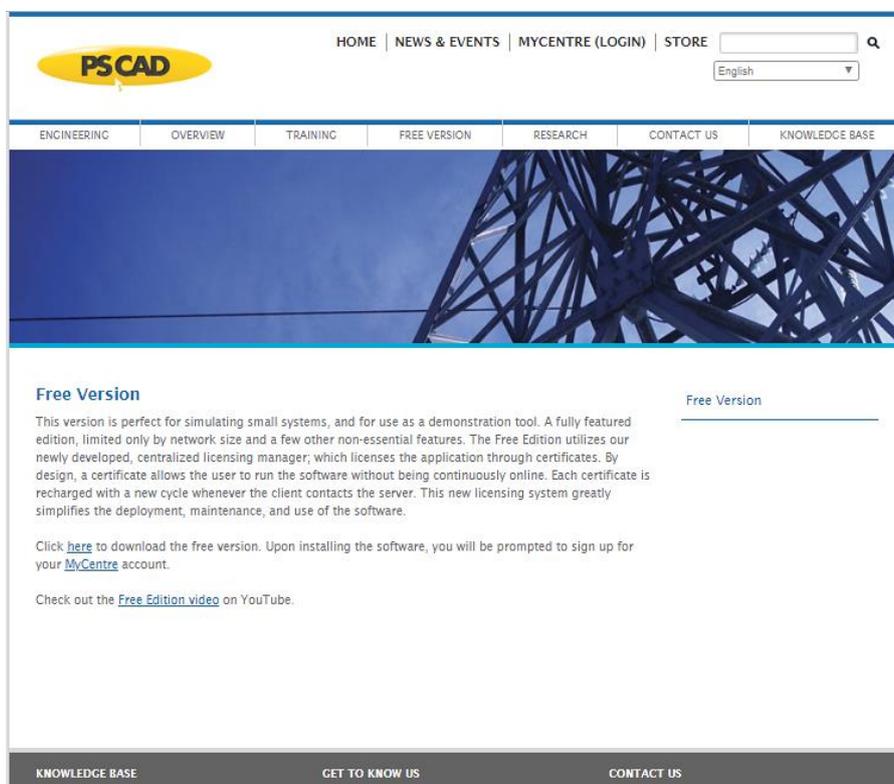


Figura 1: Dirección Web para la descarga y registro de la versión gratuita de PSCAD.

Para la instalación del programa, solamente se deben de seguir los pasos descritos por la empresa suministradora, descargándolo e instalando en el PC una aplicación con el nombre de “My updater as Admin” mediante la cual posteriormente se podrá ejecutar el programa PSCAD y gestionar los compiladores de Fortran disponibles (Figura 2).

¹ Para la descarga de la versión gratuita del software PSCAD/EMTDC, seguir el hipervínculo especificado a continuación, así como sus instrucciones: <https://hvdc.ca/free-version/>

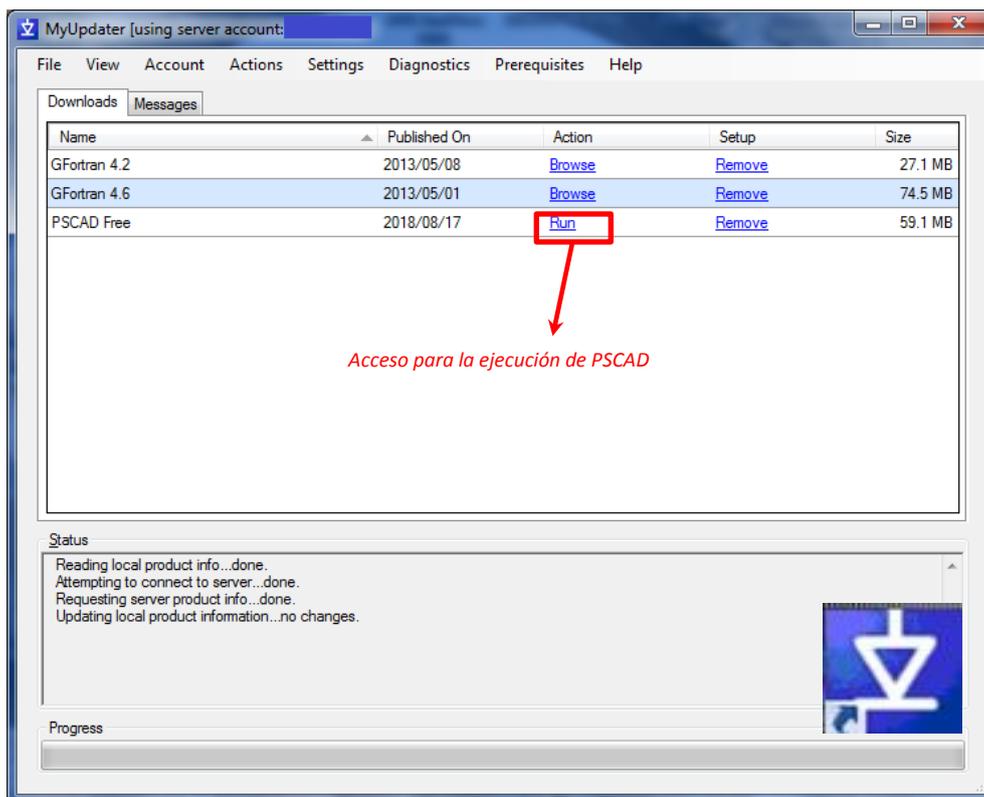


Figura 2: Cuadro de dialogo y pestañas disponibles en la aplicación “My Updater de PSCAD”.

1.3. Compilador Fortran

PSCAD/EMTDC utiliza un compilador de tipo GNU Fortran 4.2 y 4.6. Fortran es un lenguaje de programación de alto nivel utilizado principalmente en el ámbito de las matemáticas y los cálculos científicos [1].

Desde sus comienzos, con la aparición de los primeros compiladores bajo la dirección de IBM, Fortran ha continuado introduciendo nuevas características y funcionalidades a sus compiladores hasta el desarrollo de Fortran 77, el cual se convirtió en un estándar durante casi dos décadas. Su versión mejorada fue Fortran 90 (AISI 1992), la cual permitía el desarrollo de programas en formato libre, introducir palabras clave en minúsculas e identificadores de hasta 31 caracteres, entre otras mejoras. Las últimas versiones de PSCAD v4.5.5 y v4.6 emplean los compiladores citados al inicio de este apartado. No obstante, en la actualidad Fortran está empezando a ser sustituido en muchas aplicaciones por otros lenguajes de alto nivel, como C o C++, con más posibilidades de compilación, y más potentes, dando mejores resultados en cuanto a ejecutables.

1.4. Primeros pasos para la simulación con PSCAD

A continuación se van a describir algunas de las características y formas de utilizar el software de PSCAD para el diseño y simulación de sistemas eléctricos.

1.4.1. Descripción del entorno de trabajo

PSCAD/EMTDC está diseñado para su uso principalmente en sistemas operativos de tipo Windows, aunque también soporta plataformas de tipo UNIX. Al ejecutar el programa el usuario se encontrará con la ventana principal del programa, la cual se muestra en la figura 3.

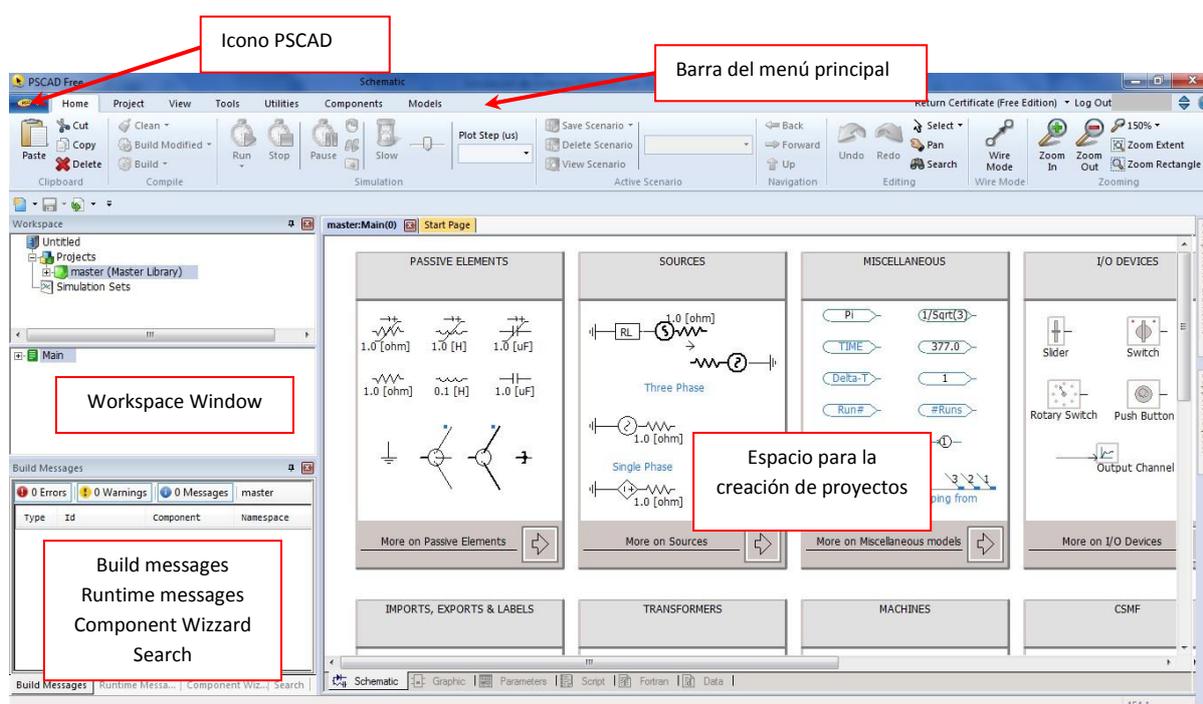


Figura 3: Ventana principal de PSCAD.

En esta primera ventana se pueden visualizar los siguientes apartados:

- ✓ **Barra del menú principal:** Contiene las pestañas principales del programa desde las cuales poder configurar los parámetros del programa, de la simulación, así como exportar e importar datos, guardar las simulaciones, etc. Las pestañas son las siguientes:
 - **Home:** Contiene las opciones por defecto de cualquier programa como cortar, copiar y pegar, además de las opciones de zoom, búsqueda, desplazamiento y poder retroceder o adelantar cambios realizados en el proyecto en ejecución.

Además, desde dicha pestaña se pueden realizar la compilación y ejecución de la simulación.

- **Project:** En esta pestaña se pueden fijar tanto la configuración principal de PSCAD (“Botón “General Settings” → Características del programa, ubicación de archivos, tipo de compilador empleado, etc.), como las características del proyecto a ejecutar (tiempo de simulación, cada cuanto tiempo se va a mostrar una solución, etc.).
 - **View:** Pestaña desde donde se controlan las características de visualización del programa, como el tamaño de la pantalla, orientación, rejillas, etc.
 - **Tools:** Contiene herramientas de uso genérico y específico.
 - **Utilities:** Herramientas para solucionar problemas de compatibilidad o errores en el compilador y la administración de licencias.
 - **Components:** Desde esta pestaña se pueden introducir diversos elementos de simulación como componentes pasivos simples (resistencias, capacitores, etc.), voltímetros, líneas aéreas, cables, etc. sin necesidad de acceder a la librería maestra.
 - **Models:** Contiene modelos ya diseñados para usar.
- ✓ **Icono PSCAD:** Dispone de las opciones para poder crear nuevos casos, proyectos, etc.; abrir archivos existentes; guardar proyectos, imprimir y las opciones de ayuda del programa (Figura 4).

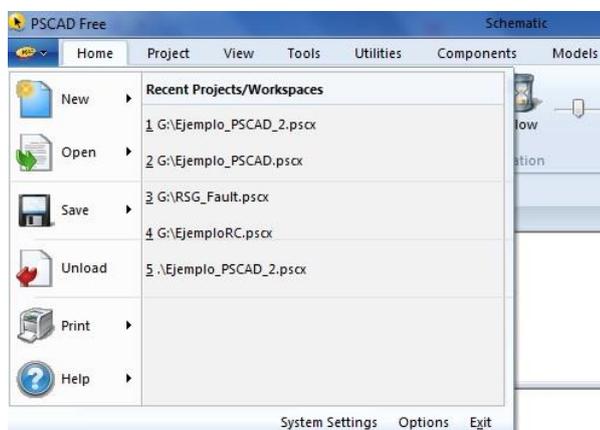


Figura 4: Opciones disponibles dentro del icono PSCAD.

- ✓ *Workspace Window*: En esta columna se encuentra el árbol de proyectos desde la cual se detalla la ruta de los distintos archivos, tanto principales, como librerías utilizadas, así como casos creados dentro de un mismo archivo, componentes, definiciones, etc. Seleccionando los componentes con el botón derecho del ratón se habilitan las opciones de copiado y pegado de dichos componentes.
- ✓ *Espacio de trabajo dentro de la ventana del ordenador*: En esta zona se pueden implementar los distintos elementos que compondrán el sistema eléctrico a simular.

1.4.2. Librería de componentes (Master Library)

El software PSCAD dispone de una librería con una amplia variedad de componentes para el diseño de los sistemas eléctricos. Estos componentes se agrupan en diversas categorías entre las cuales el usuario puede encontrarse con las siguientes (Figura 5):

- ✓ *Elementos pasivos*: Resistencias, condensadores, inductancias, etc. fijas o variables. Conexiones, uniones, tomas de tierra,....
- ✓ *Fuentes de alimentación*: Monofásicas y trifásicas, de voltaje y de corrientes, etc.
- ✓ *Medidores*: Voltímetros, amperímetros, medidores de frecuencia, etc.
- ✓ *Dispositivos de entrada y salida*: *Displays*, botones, diales, conmutadores, gráficos, etc.
- ✓ *Transformadores*: Desde dos hasta cuatro devanados, en estrella o configuración delta configurables en distintos parámetros, monofásicos y trifásicos, etc.
- ✓ *Interruptores, seccionadores y elementos de simulación de fallos*.
- ✓ *Líneas de transporte aéreo y cables aéreos y subterráneos*.
- ✓ *CSMF (Funciones para el modelado de sistemas continuos)*: tanto digitales como analógicos, con funciones trigonométricas, amplificadores, sumadores, etc.
- ✓ *Máquinas*: Motores síncronos y asíncronos, de corriente alterna o continua, turbinas, generadores hidráulicos, eólicos, etc.
- ✓ *Misceláneos*: Constantes reales, lógicas, constantes universales, uniones, elementos para introducir o sacar señales en otros componentes y para realizar estudios (*Signal Data point*), etc.
- ✓ *Elementos HVDC y FACTS*: Transistores, diodos, IGBTs, etc.
- ✓ *Elementos de protección*.
- ✓ *Elementos de lógica*: Puertas AND, OR, biestables (*flip-flops*), etc.
- ✓ *Etiquetas para exportar e importar datos*.
- ✓ *Secuenciadores*.
- ✓ *Grabadores y lectores de datos*.

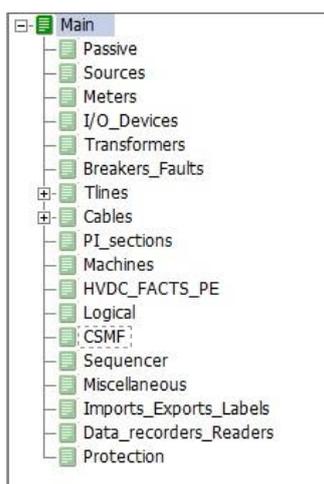


Figura 5: Categorías de la Librería Maestra.

Además de los componentes descritos en estas categorías que el programa ya ofrece al completar su instalación, el software permite la incorporación de nuevos elementos, ya sean provenientes de otras librerías compatibles con Fortran o componentes creados por el propio usuario del programa a través del asistente llamado “Component Wizard”, cuyo funcionamiento se explica más adelante (subapartado 4.5).

1.4.3. Creación de un nuevo modelo

Para poder realizar la simulación de cualquier sistema, es necesario crear un nuevo entorno de trabajo, para lo cual se debe de picar sobre el “icono de PSCAD (esquina superior izquierda)→ New → New case” (Figura 6). Una vez realizada esta operación, se abrirá un cuadro de diálogo en el cual el usuario puede introducir el nombre que desea dar al archivo, el cual tendrá una extensión “.pscx”, y la ubicación de este. El nombre que se ponga al archivo tiene que cumplir con los requisitos del compilador instalado, que en este caso al ser Fortran deberá empezar por un signo alfabético (letra mayúscula o minúscula) o un número (del 0 al 9) y no contener caracteres extraños como almohadillas, signos de interrogación y exclamación, etc. (Figura 7).

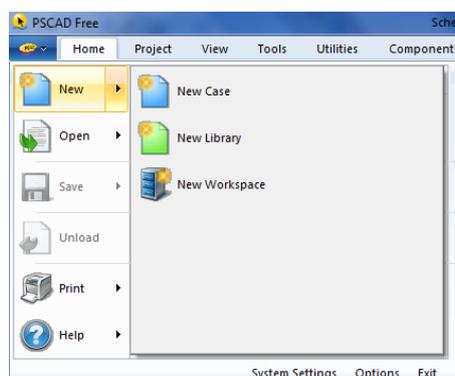


Figura 6: Creación de un nuevo caso en PSCAD.

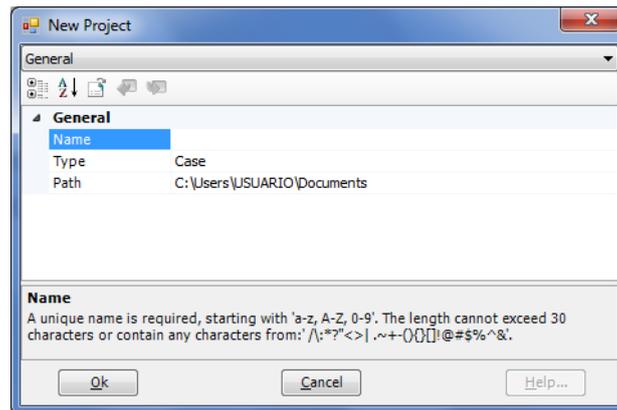


Figura 7: Cuadro de dialogo para la creación de un nuevo caso de simulación en PSCAD.

Tras la realización de estos pasos, se abrirá una nueva ventana en blanco en donde poder empezar a introducir los elementos que conformarán el sistema eléctrico.

En caso de que el usuario desee guardar los avances que realiza sobre el caso en estudio, deberá ir igualmente al “icono de PSCAD → Save Project/Save Project As”, guardando el archivo creado en la dirección en la que se creó anteriormente, o en una nueva dirección o con un nuevo nombre.

1.4.4. Configuración del proyecto

Antes de empezar con la inserción de componentes y el diseño del sistema, es conveniente realizar un chequeo de los parámetros de simulación que PSCAD asigna por defecto. Estos son configurables accediendo a la pestaña “Project → General Settings”, abriéndose un cuadro de diálogo con las categorías mostradas en la figura 8:

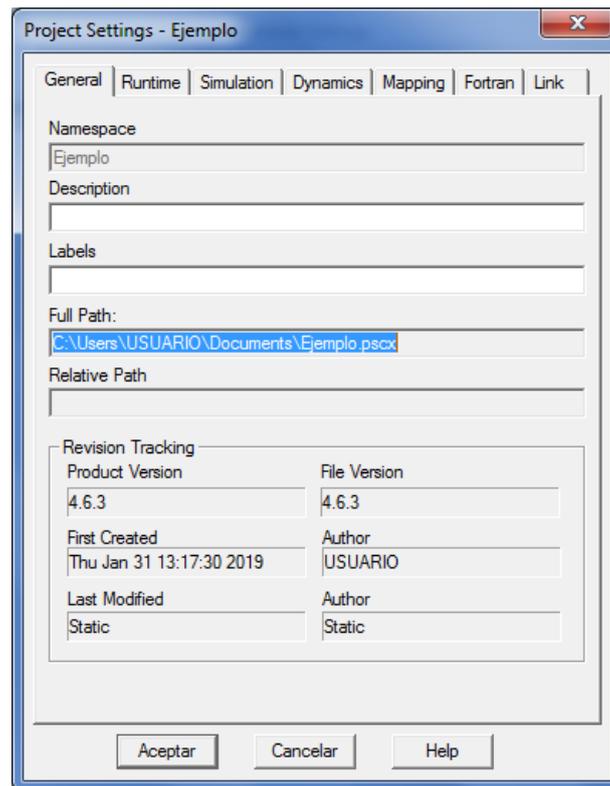


Figura 8: Cuadro de diálogo con la configuración general del proyecto.

En este cuadro de diálogo se puede acceder a la configuración completa del proyecto, desde el propio nombre de este, su ubicación, la fecha y autor de creación, parámetros relativos a la simulación (Figura 9, pestaña “Runtime”) como son el tiempo de simulación, el tiempo entre resultados, de refresco de los gráficos y distintos *displays*, precisión de las interpolaciones realizadas (pestaña “Simulation”), unidades del sistema y tratamiento de las señales y resultados generados, gestión de buses (pestaña “Dynamics”) o incluso configurar el propio compilador (pestaña “Fortran”).

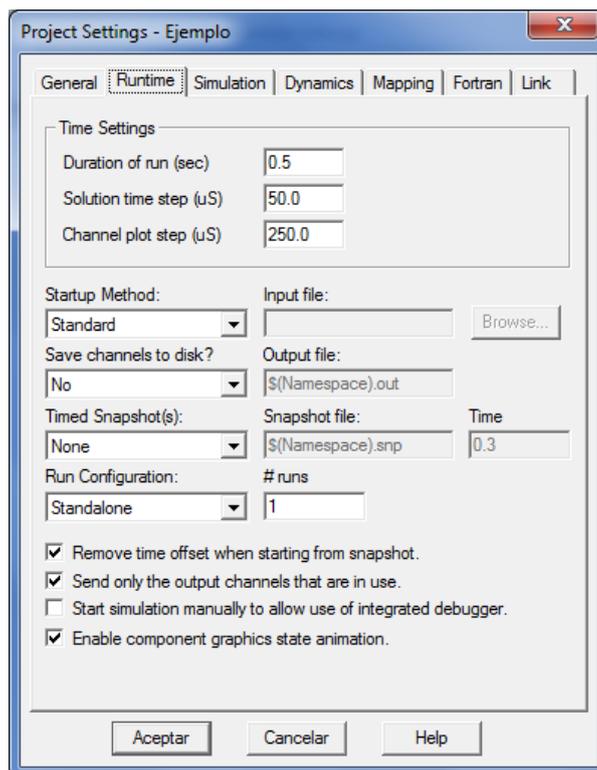


Figura 9: Cuadro de diálogo de configuración del proyecto con la pestaña “Runtime”.

Una de las pestañas que más se va a emplear es precisamente “Runtime”, en donde como se ha indicado anteriormente se pueden especificar parámetros como el tiempo de simulación/ejecución (en segundos), el tiempo entre respuestas sucesivas calculadas (“Solution Step Time”, en μS), o cada cuanto tiempo los gráficos y la ventana del programa se han de refrescar (“Channel plot step”, en μS).

En esta pestaña igualmente se pueden configurar como el programa se inicia, lo cual puede producirse en modo “Standart” (iniciación con los valores por defecto) o “From Snapshot file” (archivo creado previamente en el que han guardado unos parámetros con los que debe empezar la simulación, como son el desfase de las corrientes, frecuencias, voltajes, etc.) [4]. Un archivo “Snapshot” puede ser creado a partir de otra simulación, la cual se ha ejecutado hasta un cierto instante en el cual se han pausado u congelado la simulación y se han guardado los datos y señales de dicho instante.

También podemos salvar los resultados y salidas de un proyecto para su posterior tratamiento (“Save channels to Disk?”).

1.4.5. Creación y simulación de nuevos modelos

La interfaz de usuario que tiene el programa es bastante intuitiva y fácil de utilizar. Para la implementación de nuevos componentes podemos seguir los siguientes pasos:

- ✓ Acceder directamente a la librería maestra (“Master library”), buscar el componente deseado entre las distintas categorías, copiarlo y pegarlo en la ventana del proyecto en curso.
- ✓ Se puede igualmente dentro de la ventana de trabajo del proyecto actual, clicar en el botón derecho del ratón sobre un espacio en blanco. En el cuadro de diálogo emergente seleccionar la opción “Add Components”. Desde aquí el usuario podrá insertar los componentes que con mayor frecuencia son empleados (Figura 10).

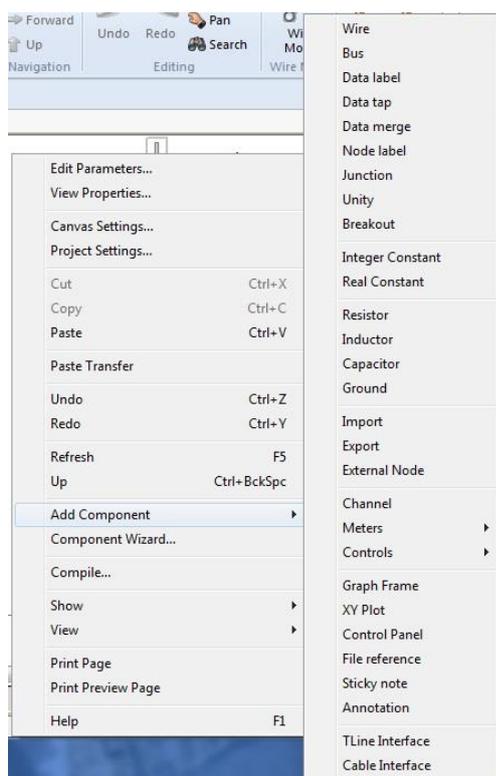


Figura 10: Cuadro de diálogo con la opción “Add Component” seleccionada.

- ✓ La tercera opción que presenta el programa es la de poder crear componentes propios del usuario, a través del asistente “Component Wizard”. Para abrir este asistente basta con ir a la pestaña que se encuentra en la esquina inferior izquierda, o clicar el botón derecho del ratón y acceder a dicho asistente directamente a través de una de las opciones del cuadro de diálogo emergente (Figura 11).

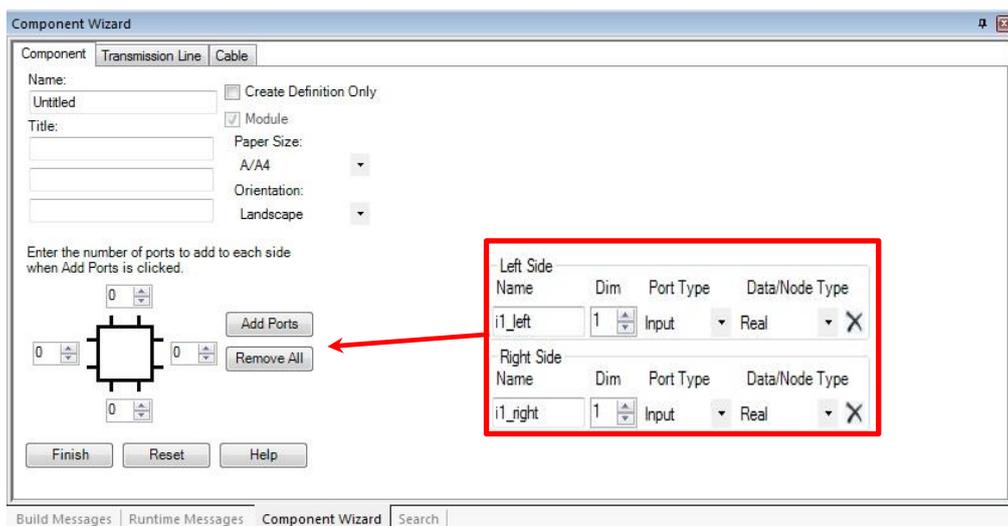


Figura 11: Asistente de creación de componentes “Component Wizard”.

El asistente es bastante sencillo de utilizar. Para crear un nuevo componente en primer lugar, se debe implementar el nombre de este en la casilla “Name”, de manera opcional una descripción del componente creado en la casilla “Title”. Si solamente se pretende crear la definición del componente sin adjuntar ninguna otra instancia, se debe seleccionar la opción “Create Definition Only”. Por último, en la parte baja del cuadro disponemos del campo correspondiente a la creación del componente, en donde se pueden indicar el número de puertos que va a tener, por qué lado se van a disponer, el nombre de dichos puertos, su dimensión (escalar \rightarrow 1, vector \rightarrow 2, etc.; implementando un 0 el puerto asume las dimensiones de la entrada o salida conectada a este) , tipo de puerto (datos de entrada/salida o puerto para conexiones eléctricas), y el tipo de nodo (real, integral o lógico) [3].

Una vez seleccionadas las características del componente, se pulsa el botón “Finish” (Terminar), tras lo cual el componente está listo para ser pegado en el espacio de trabajo del proyecto. Este también se puede configurar, detallando que parámetros y que otros no son configurables, sus opciones de diseño y representación, etc. (Figura 12).

En la pestaña “Graphic” se encuentran todas las opciones de diseño gráfico, pudiendo modificar la apariencia del componente creado. En la pestaña “Parameters” se pueden seleccionar que campos van a poderse modificar, los componentes de los que dispone, etc. creando el cuadro de diálogo “Edit parameters” que, como ya se ha detallado, es el que permite modificar la configuración de los elementos. Las últimas dos pestañas sirven para implementar código si así el usuario lo precisa, cuando el propio programa no es capaz con el código que genera de ofrecer los resultados deseados (Fortran y Data).

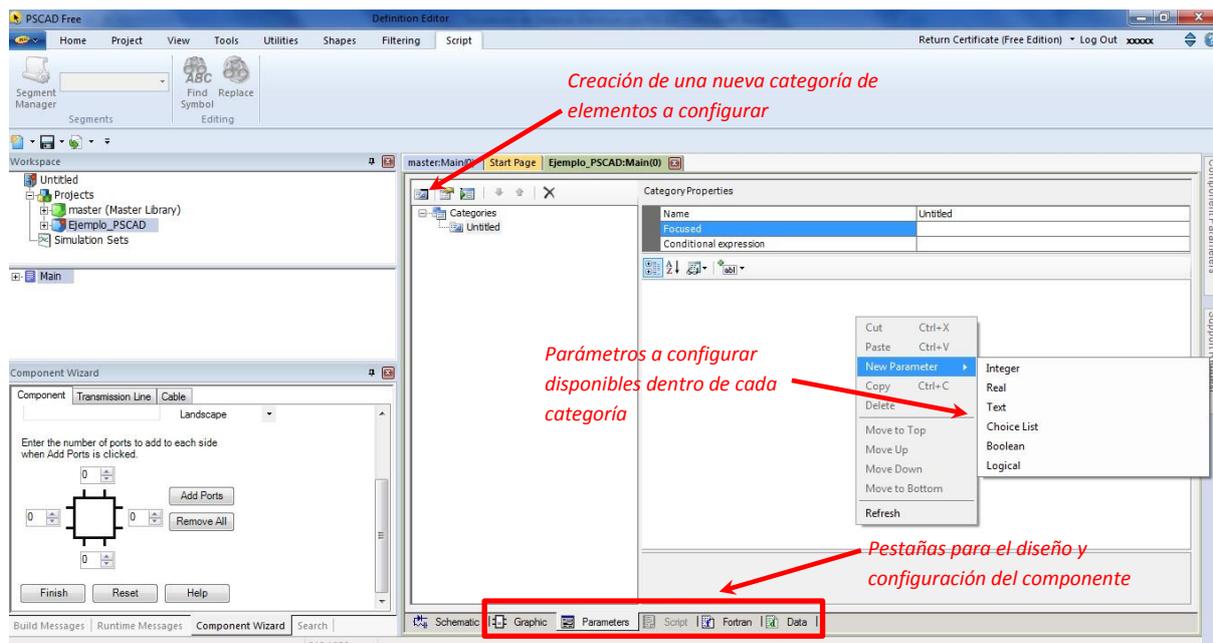


Figura 12: Configuración y diseño del componente creado.

“Component Wizard” también permite crear y configurar líneas de transmisión aéreas y subterráneas, mediante postes o cables (Figura 13).

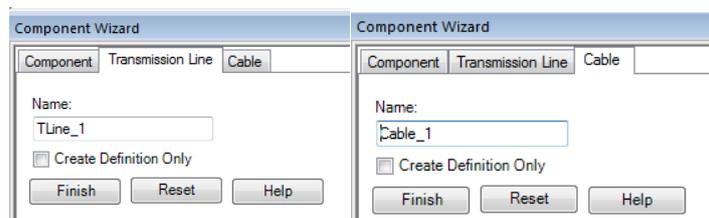


Figura 13: Creación de líneas aéreas y subterráneas con Component Wizard.

Las líneas deben ser configuradas de manera cuidadosa, puesto que dentro de ellas se puede elegir que parámetros las configuran (inductancias, capacitancia, etc.) y que modelo se va a seguir para calcular dicha línea. Los parámetros configurables se pueden visualizar en la figura 14. También se ha de escoger qué tipo de cable o torre es la representativa de la línea con objeto de poder realizar las operaciones de cálculo. Para ello se seleccionan los componentes adecuados de las categorías “Tlines” y “Cables” de la librería maestra. En estas categorías se encuentran simples, aunque detalladas instrucciones de como configurar los elementos entre sí. Si por algún motivo resultan insuficientes, la ayuda del programa ofrece una información mucho más completa.

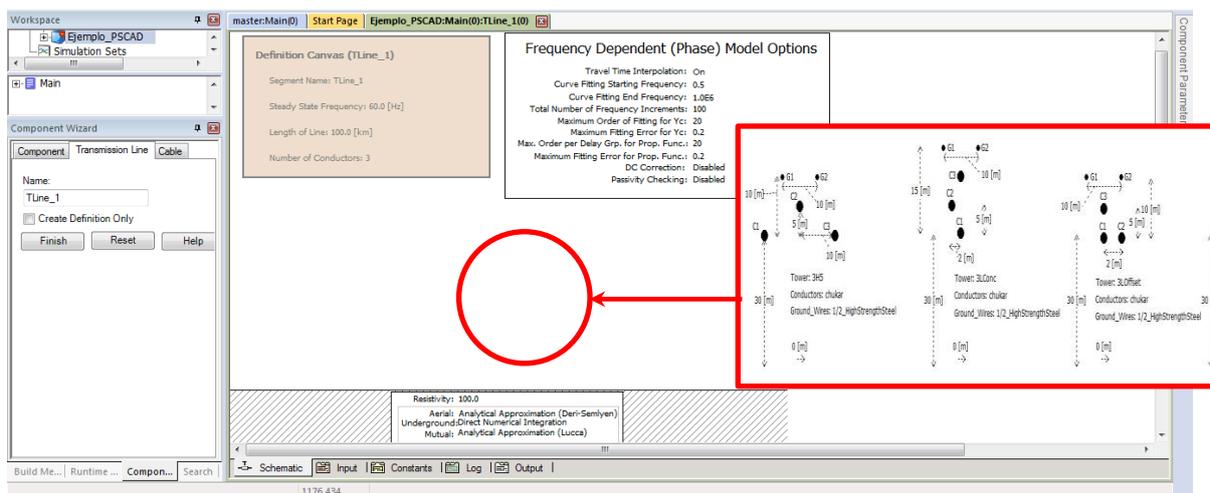


Figura 14: Elementos configurables de una línea de transmisión.

Los componentes que son insertados en la hoja de trabajo pueden ser copiados y pegados nuevamente, pueden moverse, pueden rotarse, etc. clicando sobre el botón derecho del ratón. Para configurar sus parámetros basta con clicar dos veces sobre ellos con el botón izquierdo, o clicando con el botón derecho y accediendo a la selección “Edit Parameters”.

Para unir los componentes entre si se emplean los cables (no confundir con los “Cables” que se encuentran en la librería maestra, los cuales sirven para la modelización de líneas de transmisión aéreas y subterráneas, no unir objetos entre sí). Para ello el usuario debe ir a la pestaña de la barra del menú principal “Home o Components → Wire Mode”. Al seleccionarlo, aparecerá un puntero sobre el ratón con forma de lápiz mediante el cual el programa permite ir dibujando el cable o nodo de conexión entre componentes. El cable puede cruzarse, girar, alargarse, etc. . Es importante saber que para realizar un empalme entre dos cables no solo basta con iniciar el cable desde otro ya existente u terminar en uno, sino que para realizar las uniones se debe colocar un componente de la librería maestra llamado “Forced Connection” (Figura 15).

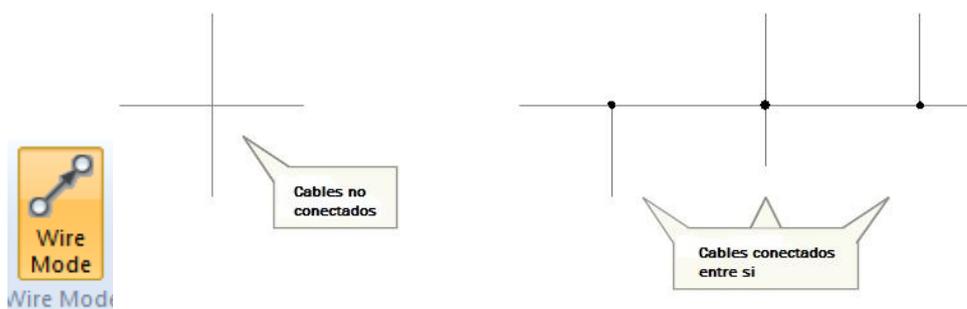


Figura 15: Botón “Wire Mode” y uniones y cruces entre cables.

De esta forma si dos cables se cruzan como se muestra en la figura, solamente se encontrarán cruzados y no unidos.

Una vez los componentes eléctricos se han conectado todos entre sí, el software dispone de herramientas que nos permitan ver los resultados o incluso variar el valor de los elementos introducidos con objeto de poder controlar y realizar distintas simulaciones y/o modificar los resultados. Para ello se debe ir a la carpeta “I/O Devices” (Elementos de entrada y salida) en donde existe una amplia gama de elementos de control (deslizadores, selectores, diales, etc.) y de visualización (gráficos) (Figura 16). En referencia a los gráficos, estos pueden representar tanto señales digitales como analógicas. No obstante, para que cumplan adecuadamente con dicha función, se deben configurar clicando el botón derecho del ratón sobre el gráfico, y seleccionando la opción “Add Overlay Graph (Analog)” (en caso de querer representar señales analógicas), o la opción “Add Stacked Polygraph (Analog/Digital)” (opción más empleada para señales digitales). Igualmente, dichos componentes pueden ser añadidos clicando con el botón derecho en un espacio en blanco de la ventana de trabajo y seleccionando la opción “Add Components”.

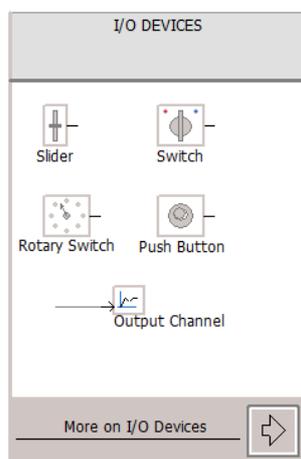


Figura 16: Elementos de entrada y salida de datos de PSCAD.

Con todos los elementos ya integrados en el espacio de trabajo, previamente al comienzo de la ejecución de la simulación es muy conveniente compilar el programa con la finalidad de observar si existen errores o avisos que no permitan la ejecución del programa. Para realizar esta acción, en primer lugar se debe seleccionar el proyecto que se va a simular. En versiones anteriores del programa esta acción se realizaba clicando sobre el nombre del proyecto y activándolo. En las nuevas versiones el proyecto que se va a ejecutar es el que tenemos seleccionado, es decir, aquel cuyo espacio de trabajo se muestra por pantalla y se encuentra seleccionado en el árbol de proyectos.

Para compilar, se selecciona desde la barra del menú principal, dentro de las opciones de “Compile”, el botón “Build” (Figura 17).

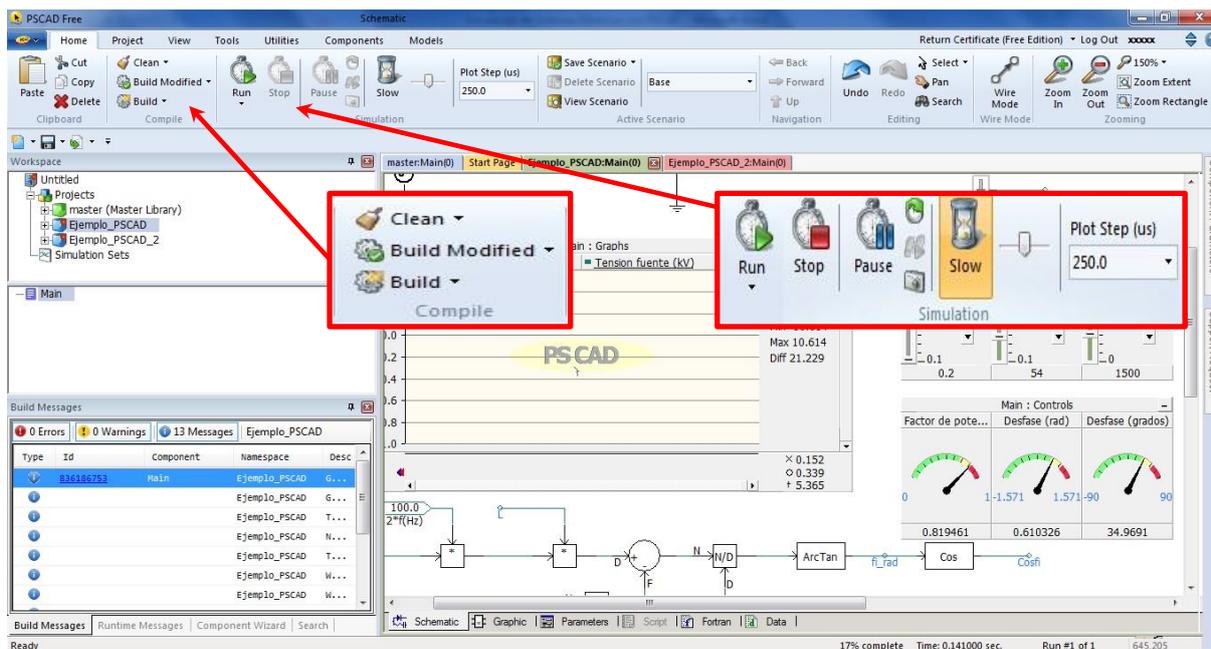


Figura 17: Opciones de compilado y ejecución de la simulación.

Una vez pulsado el botón, el compilador Fortran obtendrá los resultados de la compilación, los cuales se pueden contemplar dentro del cuadro situado en la esquina inferior izquierda del espacio de trabajo, dentro de la ventana “Build Messages” (Figura 18).

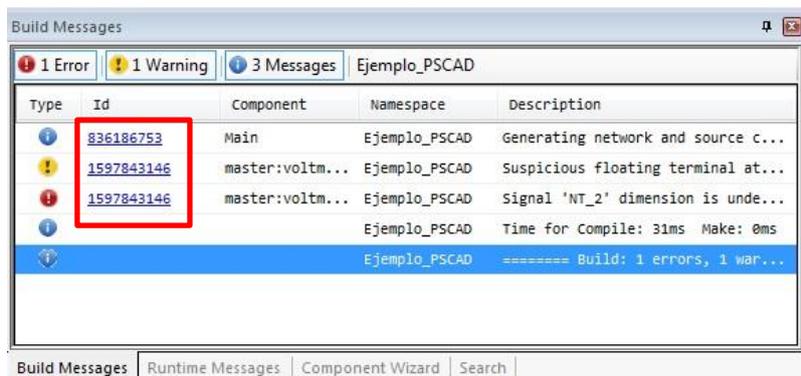


Figura 18: Pestaña “Build Messages”.

Dentro de esta pestaña, el programa muestra tres tipos de mensajes diferentes. Los mensajes normales y las alertas (“Messages and Warnings”) permiten ejecutar la simulación, aunque dependiendo de su gravedad, en el caso de las alertas, puede que avisen de que los resultados que se vayan a obtener puedan no ser fiables, aunque no en la mayoría de los casos. En contra, los Errores (“Errors”) no permitirán la ejecución hasta que no hayan sido subsanados por completo. En este sentido PSCAD ofrece información de cómo se han producido esos errores o avisos, añadiendo a la derecha del tipo de mensaje los campos “Component” (el cual indica cuál es el elemento afectado), “NameSpace” (el cual hace referencia al proyecto que ha presentado el error o aviso), y “Description” (dentro del cual se ofrece una breve descripción de cuál ha sido el fallo que ha causado la alerta). No

obstante, si estos campos resultan insuficientes para poder localizar en qué punto se ha producido la alerta, clicando sobre el número dentro del campo ID (elementos destacados en la figura 18), PSCAD muestra en pantalla dónde y cuál es el error (Figura 19), también resaltando el elemento que falla.

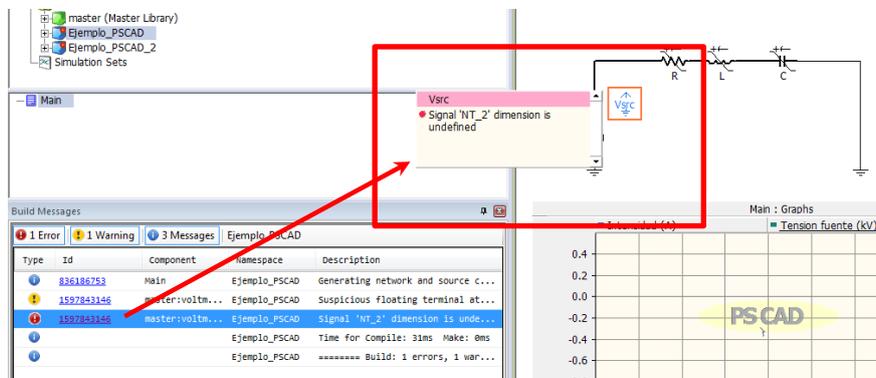


Figura 19: Localización de alertas en PSCAD.

Una vez todos los errores se han solucionado, el programa ya permite la ejecución de la simulación, para ello clicando sobre el botón “Run” de la pestaña “Home” de la barra del menú principal (Figura 17). La simulación se ejecutará con todos los parámetros que previamente se han ajustado dentro de las opciones de “Project Settings”, por ello es importante haber seguido los pasos anteriormente indicados.

Dentro de las opciones de “Simulation” (de donde pertenece el botón “Run”) el usuario podrá pausar, parar o incluso controlar el tiempo de la simulación, decidir si este pasa más rápido o más lento, o cada cuanto tiempo se refresca la pantalla y los gráficos, con objeto de conseguir la precisión que se requiera en la visualización de los resultados y que estos no se vean modificados por la selección de tiempos de simulación no adecuados².

Por último, queda guardar el proyecto una vez el usuario se ha cerciorado de que este funciona correctamente. Esta acción se realiza como ya se ha explicado anteriormente, yendo al icono de PSCAD en la esquina superior izquierda y seleccionando la opción Save/Save as.

² Realmente la selección de los tiempos “Solution Step Time” y “Channel plot step” pueden alterar los resultados obtenidos cuando se seleccionan tiempos por encima de los tiempos de trabajo o conmutación de los componentes eléctricos como son IGBT, diodos, etc.

Con las descripciones mencionadas en los apartados anteriores solamente se ha pretendido realizar una breve introducción a los aspectos más básicos y generales del programa. Si se desea profundizar más en el diseño y simulación de modelos mediante el empleo de este software, se insta a consultar la bibliografía de este anexo con objeto de encontrar las referencias adecuadas.

1.5. **Bibliografía**

[1] Barzanallana Asensio R. M. (2008). *Fortran*. 2019, de Departamento Informática y Sistemas. Universidad de Murcia. URL:

<https://www.um.es/docencia/barzana/DIVULGACION/INFORMATICA/Lenguaje-FORTRAN.html>

[2] Manitoba Hydro International Ltd. (MHI). *Get to Know Us*. 2019, de Manitoba Hydro International Ltd. (MHI) URL: <https://hvdc.ca/get-to-know-us>

[3] Manitoba Hydro International Ltd. (MHI). *Creating a New Component, Module or Transmission Wire*. 2019, de Manitoba Hydro International Ltd. (MHI). URL: https://hvdc.ca/webhelp/PSCAD/Features_and_Operations/Components_and_Modules/Creating_a_New_Component_or_Module.htm

[4] Manitoba Hydro International Ltd. (MHI). *Initialization and Initial Conditions*. 2019, de Manitoba Hydro International Ltd. (MHI). URL: https://hvdc.ca/webhelp/EMTDC/Program_Structure/initialization_and_initial_conditions.htm

[5] Manitoba Hydro International Ltd. (MHI). *Who We Are*. 2019, de Manitoba Hydro International Ltd. (MHI) URL: <https://www.mhi.ca/about/who-we-are>

[6] Zamora Belver, M. I.; Mazón Sainz-Maza, A. J.; Fernández E.; Sagastabeitia, K.J.; Albizu, I.; Eguía, P.; Torres, E.; Valverde, V. (2005). *Simulación de Sistemas Eléctricos*. Madrid: Pearson Educación S.A.