

## Simulación Dinámica de Plantas eólicas con NEPLAN

### **Una breve reseña de cómo modelar turbinas de viento y plantas de energía eólica en NEPLAN**

En este folleto se presenta lo sencillo que es modelar y simular las plantas de energía eólica con la herramienta de análisis de sistemas de potencia NEPLAN. Vamos a explicar los diferentes enfoques de modelado del simulador de NEPLAN en un ejemplo típico: Un **DFIG (Double-Fed Induction Generator)** conectado a una red externa.

Una vez que se ha modelado el sistema de potencia en NEPLAN, el simulador dinámico le permite analizar el sistema ya sea en el modo **DQ (para sistemas balanceados)** o en el modo **ABC (para sistemas desbalanceados)**. En condiciones de red simétrica la simulación DQ es mucho más rápida que la simulación ABC. Sin embargo, si usted necesita modelar cualquier tipo de condición asimétrica la simulación ABC es la primera elección.

Cualquier modelo dinámico (ej. turbinas de viento) en NEPLAN se puede ingresar y definir de diferentes maneras, cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas:

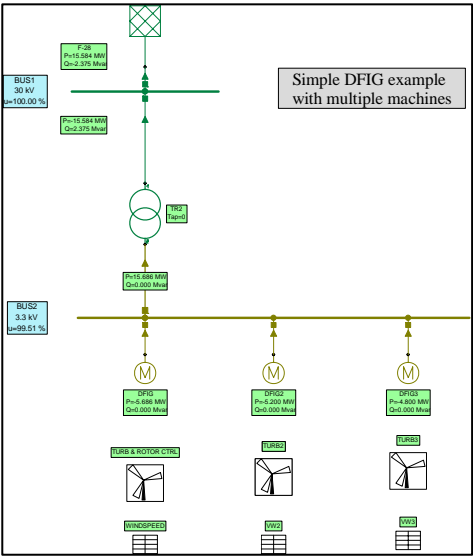
- Introducir un modelo dinámico estándar predefinido de NEPLAN (ej. turbinas de viento).
- Introducir un modelo dinámico definido (ej. turbinas de viento) por medio de diagramas de bloques.
- Introducir un modelo dinámico definido como un archivo DLL, escrito con ecuaciones y modelado con Matlab.

Básicamente NEPLAN ofrece dos posibilidades para conectar un DFIG, las turbinas y los controladores, al sistema de potencia.

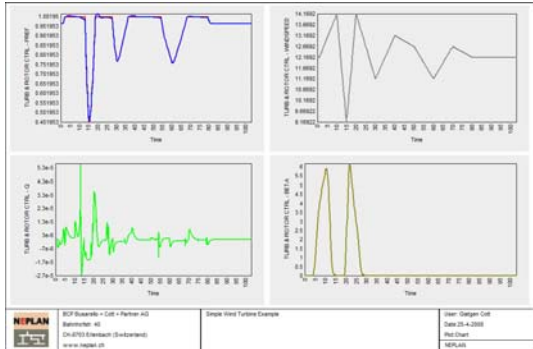
- 1) Un enfoque muy simple consiste en conectar un DFIG estándar con una turbina y controladores directamente a la red AC. Esto permite estudiar con gran eficacia la influencia de los parques eólicos a la red de Transmisión y/o Subtransmisión.
- 2) El modelo más detallado en NEPLAN utiliza un modelo DFIG que permite conectar gráficamente elementos externos como un PWM al rotor y el estator de la DFIG a la Red. Esto permite estudiar todos los efectos dinámicos en detalle. Los Fabricantes de turbinas e investigadores pueden crear sus propias turbinas y controladores con el editor de funciones de bloques de NEPLAN o a través de librerías dinámicas (un archivo binario DLL). Las ecuaciones del modelo se pueden introducir en Matlab. El archivo DLL se genera automáticamente con nuestras herramientas NEPLAN - Matlab.

**Ejemplo de cómo ingresar un modelo simplificado de turbina eólica para realizar estudios sobre la Red.**

Las Empresas de servicios públicos pueden estudiar la influencia de una planta eólica en su sistema de potencia con el modelo simplificado de la turbina eólica de NEPLAN. Los datos de entrada son muy simples. Se conecta la maquina a la barra y se agrega un símbolo de turbina eólica en el diagrama unifilar. La ventana de diálogo de la turbina eólica incluye todos los parámetros para la velocidad del viento, la turbina y los controladores. Esta es la forma más fácil de entrar un modelo de turbina eólica y sus controladores.



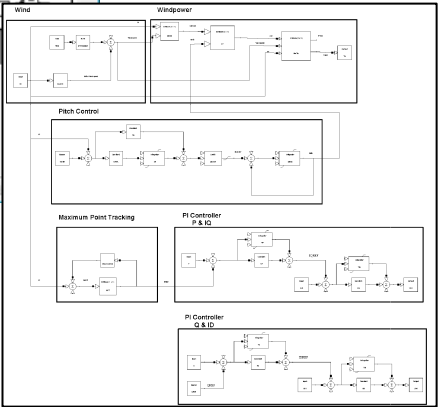
Asynchronous Machine configuration window showing parameters like Lf Type, Operating mode, No. of rotors, P/Q per motor, and Graph control options.



Regulator and Turbines dialog box showing a list of variables (Name, Value) and a table for wind curves.

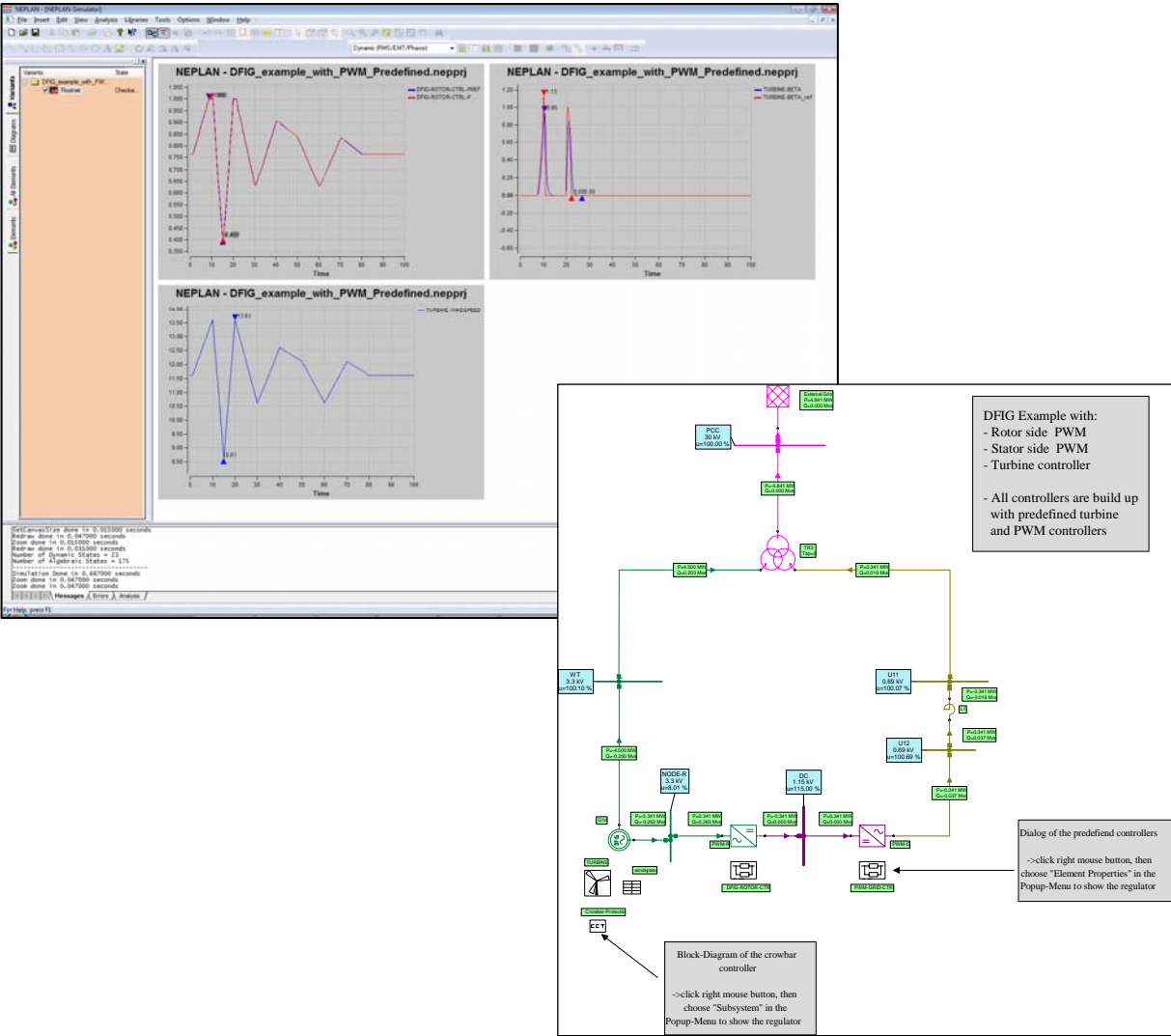
Name	Value
1 KP	1.0
2 TP	0.1
3 KG	1.0
4 TQ	0.1
5 KIG	0.2
6 TIQ	0.01
7 KD	0.2
8 TD	0.01
9 ROTIMAX	2
10 RC	0.1
11 XC	0.1
12 WREF	1.2
13 KA	100
14 TA	5
15 TR	1
16 T	0.5
17 VRMIN	0

Name	ID
1 WINDCURVE	821728



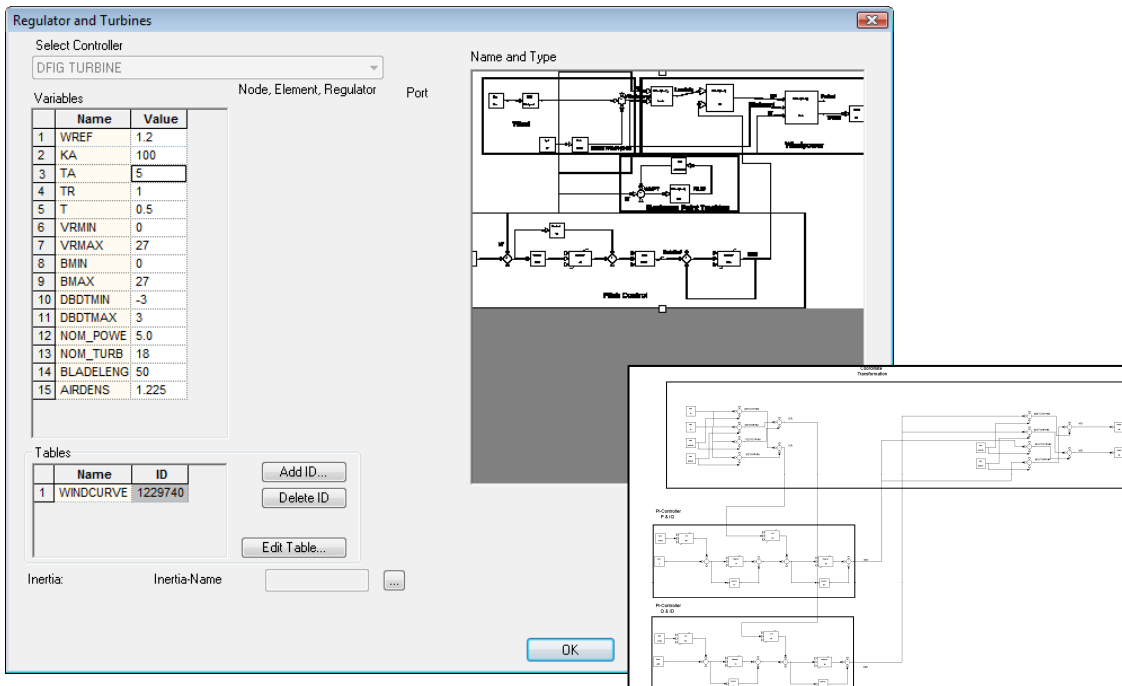
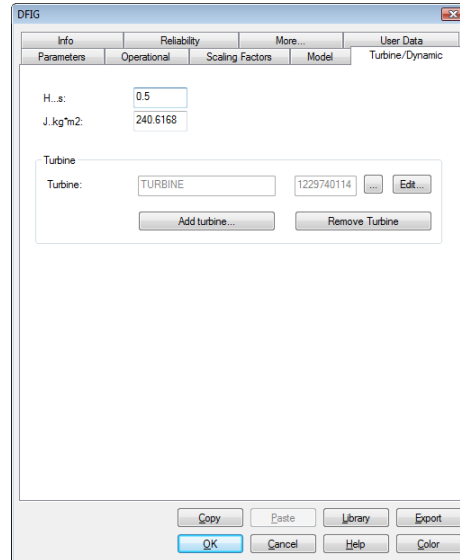
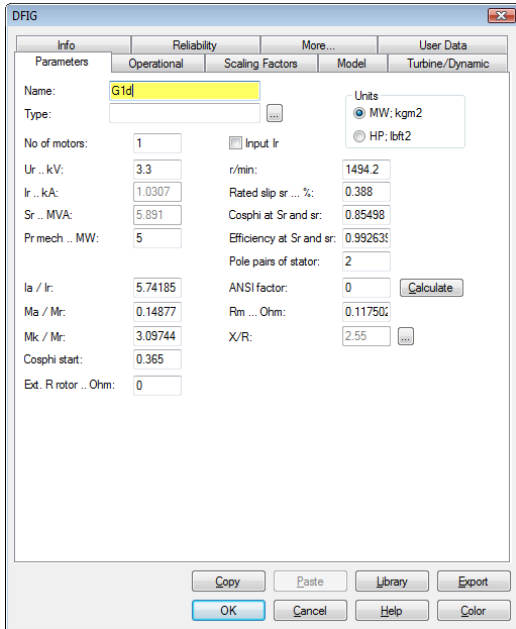
**Ejemplo de cómo ingresar un modelo predefinido de turbina eólica con PWM y sus controladores predefinidos.**

Se inicia insertando el DFIG, la turbina, el rotor y el PWM asociados a la Red. Luego, y con sólo un clic se asignan los controladores PWM predefinidos. Eso es todo. Desde este momento se puede dar inicio a la simulación dinámica, ya sea en modo DQ (para sistemas balanceados) o en modo ABC (para sistemas desbalanceados).



**Ejemplo de energía eólica con DFIG, Turbina y PWM  
Curvas de salida: Ángulo del alabe y Potencia.**

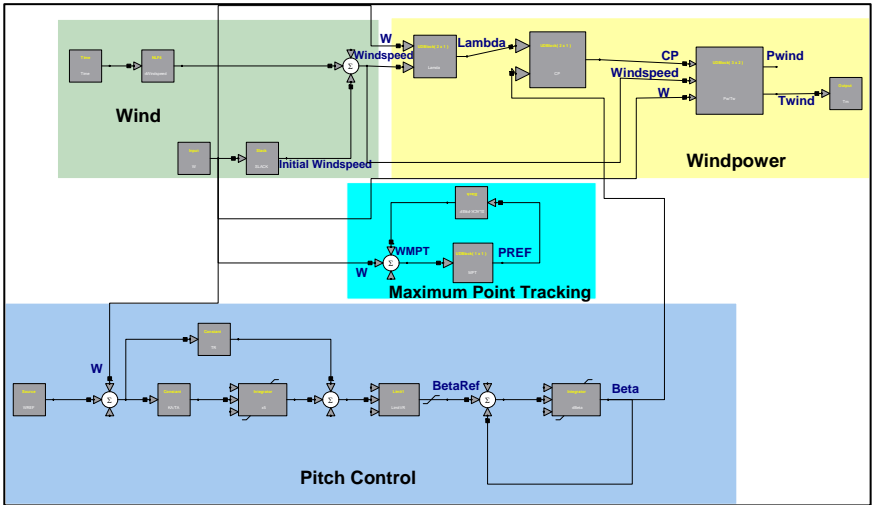
**Datos de entrada del DFIG - Double-Fed Induction Generator.**



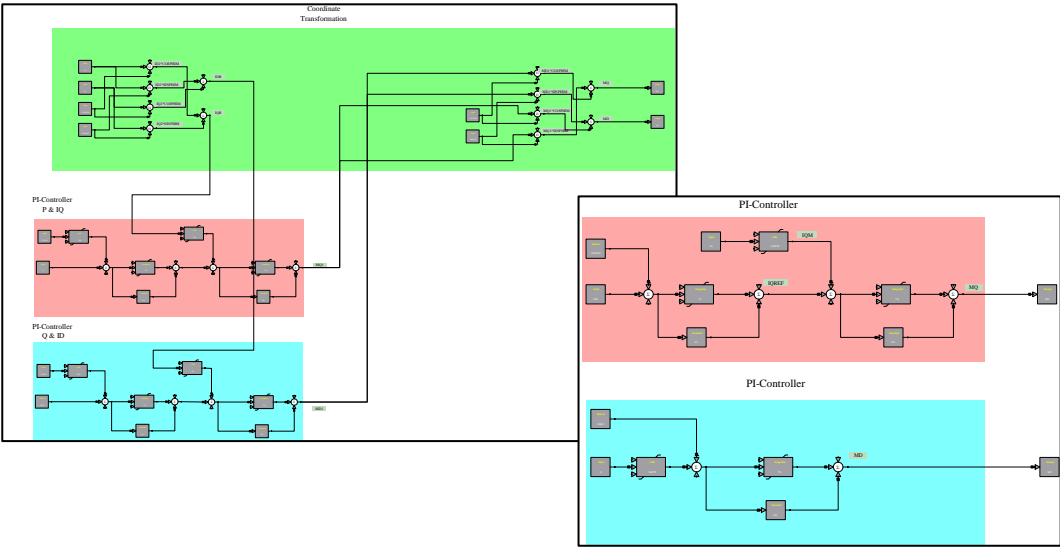
**Introducción de una turbina predefinida y su curva de viento.**

**Ejemplo de cómo ingresar modelos de turbinas eólicas y controladores PWM utilizando el editor de diagramas de bloques de NEPLAN.**

NEPLAN ofrece todas las funcionalidades para crear la turbina y los controladores PWM a través de diagramas de bloques de usuario. El diagrama de bloques se puede crear muy fácilmente con la función gráfica de editor de bloques. NEPLAN tiene muchos bloques de funciones predefinidos disponibles. En caso que se necesite un bloque de función que no esté disponible en NEPLAN, el usuario puede definir su propio bloque de función (Ej. FFT, funciones matemáticas especiales, etc.).



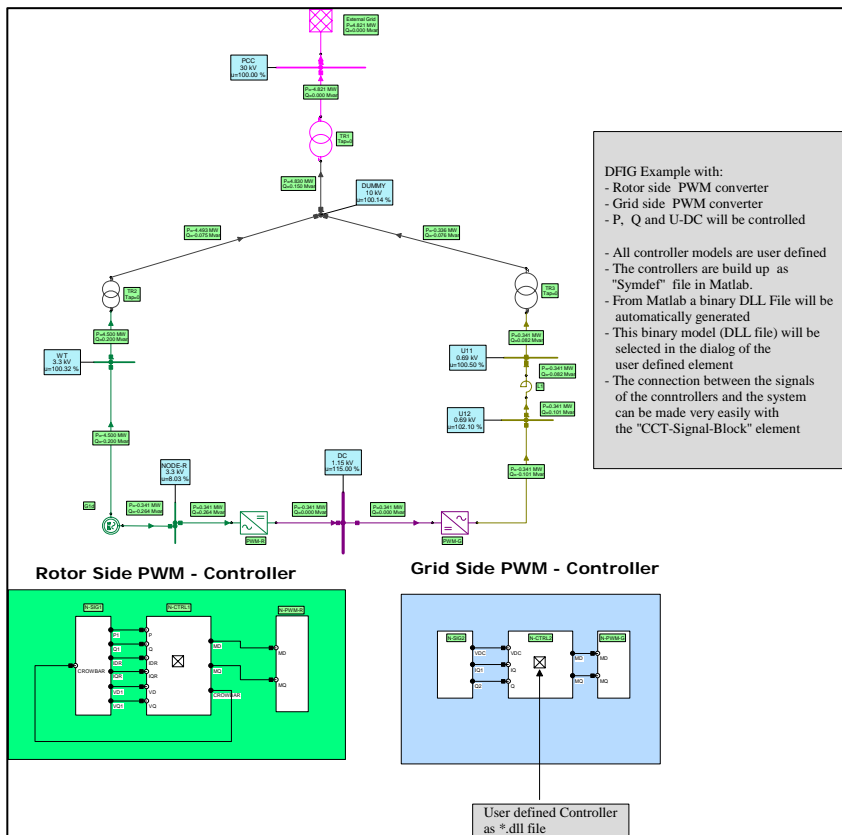
**Controladores de una turbina eólica construidos con la función de editor de Bloques de NEPLAN.**



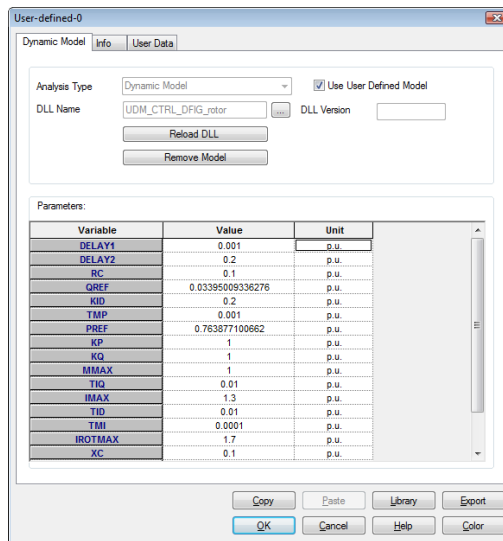
**Rotor y controladores de red PWM**

**Ejemplo de cómo definir modelos de turbinas eólicas y controladores PWM haciendo uso de las funcionalidades NEPLAN - Matlab**

NEPLAN ofrece la posibilidad de construir un modelo de turbina eólica con una biblioteca de vínculo dinámico (DLL). Esto permite al fabricante ocultar su turbina y controlador en un formato binario. El desarrollo de un controlador de este tipo se puede hacer con ecuaciones en Matlab en un formato binario. El desarrollo de un controlador de este tipo se puede hacer con ecuaciones en Matlab. NEPLAN proporciona funcionalidades con Matlab para crear automáticamente el archivo binario DLL que luego serán utilizados por el simulador dinámico de NEPLAN. Los parámetros de los controladores pueden ser cambiados desde el cuadro de diálogo de NEPLAN. Todas las variables o señales de entrada/salida de los controladores están disponibles para uso externo. Esto permite, por ejemplo conectar cualquier señal/variable del modelo definido por el usuario a cualquier variable del sistema.



**Controladores PWM definidos como archivos DLL. Las señales de entrada / salida puede estar conectadas con otras variables en el sistema (por ejemplo, P, Q del rotor del modelo DFIG)**



Lista de parámetros del controlador PWM los cuales se definen en el archivo binario definido por el usuario "UDM\_CTRL\_DFIG-rotor".

```

%-----
definitions:
%-----
dynamic_states x1 x2 x3 x4 IDM=0.001 IQM PM=0.001 QM
external_states MD=0.001 MQ P Q
external_states IDR=0.001 IQR VD=1 VQ CROWBAR
internal_states IDREF IQREF
parameters KP TP KQ TQ
parameters KIQ TIQ KID TID
parameters PREF QREF RC XC MMAX IMAX TMI TMP IROTMAX DELAY1 DELAY2
%-----
initializations:
%-----
%-----
f_equations:
%-----
%-----
% Vqr - control
%-----
dt(x1) = (PREF-PM)/TP
dt(x2) = (QREF-QM)/TQ
dt(x3) = (IQREF-IQM)/TIQ
dt(x4) = (IDREF-IDM)/TID
dt(IDM) = 1/TMI*(IDR - IDM)
dt(IQM) = 1/TMI*(IQR - IQM)
dt(PM) = 1/TMP*(P - PM)
dt(QM) = 1/TMP*(Q - QM)
%-----
% Vdr - control
%-----
%-----
g_equations:
%-----
%-----
% PQ - control
%-----
g3 = (MD*VD+MQ*VQ) - (KIQ*(IQREF-IQM) + x3)*sqrt(VD*VD+VQ*VQ)
g4 = (MD*VQ-MQ*VD) - (KID*(IDREF-IDM) + x4)*sqrt(VD*VD+VQ*VQ)
g7 = IQREF - (KP*(PREF-PM) + x1)
g8 = IDREF - (KQ*(QREF-QM) + x2)
g15 = CROWBAR - 0
%-----
h_equations:
%-----

```

Definición del controlador de Ecuaciones en Matlab.

El archivo binario DLL es automáticamente generado por las funcionalidades NEPLAN – Matlab.