



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática**

# **Estudio de las células y paneles de una instalación fotovoltaica**

## **ANEJOS**

Autor:

***Martín Álvarez, Sergio***

Tutor:

***Buey Cuesta, José Julio***

Departamento:

***Tecnología Electrónica***

***Valladolid, junio 2019.***





## 1. TABLA DE CONTENIDO

### 1.1. INDICE DE ANEJOS

1. TABLA DE CONTENIDO .....	3
1.1. INDICE DE ANEJOS .....	3
2. CÓDIGO DEL PROYECTO .....	7
2.1. SIMULACIÓN DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA .....	7
2.1.1. CÓDIGO DE MATLAB .....	7
2.1.1.1. SCRIPT PRINCIPAL <i>EjecucionCelula.m</i> .....	7
2.1.1.2. FUNCIÓN <i>Parametros.m</i> .....	8
2.1.1.3. FUNCIÓN <i>cargaParamCelula.m</i> .....	9
2.1.1.4. FUNCIÓN <i>Irr_Temp.m</i> .....	10
2.1.1.5. FUNCIÓN <i>car_celula.m</i> .....	11
2.1.1.6. FUNCIÓN <i>parW_celula.m</i> .....	12
2.1.1.7. FUNCIÓN <i>cargaParamSimulink.m</i> .....	14
2.1.1.8. FUNCIÓN <i>MMP.m</i> .....	14
2.1.1.9. FUNCIÓN <i>creaVect.m</i> .....	15
2.1.1.10. FUNCIÓN <i>muestraPot.m</i> .....	16
2.1.2. MODELO DE SIMULINK <i>SimulacionCelula.slx</i> .....	18
2.1.2.1. <i>SimulacionCelula</i> .....	18
2.1.2.2. CELULA SOLAR .....	18
2.1.2.3. CONSTANTES .....	18
2.1.2.4. POTENCIA APROX .....	19
2.1.2.5. RESISTENCIA SERIE (RS) .....	19
2.1.2.6. CORRIENTE PARALELO .....	20
2.1.2.7. FACTOR DE FORMA IDEAL (FF0) .....	20
2.1.2.8. FACTOR DE FORMA (FF) .....	21
2.1.2.9. CORRIENTE DE SALIDA .....	21
2.1.2.10. POTENCIA REAL .....	22
2.1.2.11. RENDIMIENTO .....	22
2.1.2.12. POTENCIA SALIDA CELULA (REAL) .....	23
2.2. SIMULACIÓN DE UN PANEL FOTOVOLTAICO .....	23
2.2.1. CÓDIGO DE MATLAB .....	23

2.2.1.1.	SCRIPT PRINCIPAL <i>EjecucionPanel.m</i> .....	23
2.2.1.2.	FUNCIÓN <i>Parametros.m</i> .....	24
2.2.1.3.	FUNCIÓN <i>cargaParamPanel.m</i> .....	26
2.2.1.4.	FUNCIÓN <i>EligePanel.m</i> .....	26
2.2.1.5.	FUNCIÓN <i>Irr_Temp.m</i> .....	27
2.2.1.6.	FUNCIÓN <i>car_panel.m</i> .....	28
2.2.1.7.	FUNCIÓN <i>parW_panel.m</i> .....	30
2.2.1.8.	FUNCIÓN <i>cargaParamSimulink.m</i> .....	31
2.2.1.9.	FUNCIÓN <i>MMP.m</i> .....	32
2.2.1.10.	FUNCIÓN <i>creaVect.m</i> .....	33
2.2.1.11.	FUNCIÓN <i>muestraPot.m</i> .....	34
2.2.2.	MODELO DE SIMULINK <i>SimulacionPanel.slx</i> .....	35
2.2.2.1.	<i>SimulacionPanel</i> .....	35
2.2.2.2.	PANEL FOTOVOLTAICO .....	35
2.2.2.3.	CELULA SOLAR .....	36
2.2.2.4.	CONSTANTES .....	36
2.2.2.5.	POTENCIA APROX .....	36
2.2.2.6.	RESISTENCIA SERIE (RS) .....	37
2.2.2.7.	CORRIENTE PARALELO .....	37
2.2.2.8.	FACTOR DE FORMA IDEAL (FF0) .....	38
2.2.2.9.	FACTOR DE FORMA (FF) .....	38
2.2.2.10.	CORRIENTE DE SALIDA .....	39
2.2.2.11.	POTENCIA REAL .....	39
2.2.2.12.	RENDIMIENTO .....	40
2.2.2.13.	POTENCIA SALIDA PANEL (REAL) .....	40
2.3.	SIMULACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	41
2.3.1.	CÓDIGO DE MATLAB .....	41
2.3.1.1.	SCRIPT PRINCIPAL <i>EjecucionInstalacion.m</i> .....	41
2.3.1.2.	FUNCIÓN <i>Parametros.m</i> .....	43
2.3.1.3.	FUNCIÓN <i>cargaParamPanel.m</i> .....	44
2.3.1.4.	FUNCIÓN <i>EligePanel.m</i> .....	44
2.3.1.5.	FUNCIÓN <i>EligeInstal.m</i> .....	45
2.3.1.6.	FUNCIÓN <i>Menu_Tiempo.m</i> .....	46



2.3.1.7.	FUNCIÓN <i>seleccionFichero.m</i> .....	47
2.3.1.8.	FUNCIÓN <i>Menu_Tramo_Tiempo.m</i> .....	48
2.3.1.9.	FUNCIÓN <i>Rango.m</i> .....	49
2.3.1.10.	FUNCIÓN <i>ConsideracionesEspeciales.m</i> .....	51
2.3.1.11.	FUNCIÓN <i>car_panel.m</i> .....	53
2.3.1.12.	FUNCIÓN <i>ParW_panel.m</i> .....	54
2.3.1.13.	FUNCIÓN <i>cargaParamSimulink.m</i> .....	56
2.3.1.14.	FUNCIÓN <i>MMP.m</i> .....	56
2.3.1.15.	FUNCIÓN <i>creaVect.m</i> .....	57
2.3.1.16.	FUNCIÓN <i>muestraPot.m</i> .....	58
2.3.1.17.	FUNCIÓN <i>imprimeGraficas.m</i> .....	59
2.3.2.	MODELO DE SIMULINK <i>SimulacionInstalacion.slx</i> .....	61
2.3.2.1.	<i>SimulacionInstalacion</i> .....	61
2.3.2.2.	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	61
2.3.2.3.	MODULO FOTOVOLTAICO .....	62
2.3.2.4.	CELULA SOLAR .....	62
2.3.2.5.	CONSTANTES .....	62
2.3.2.6.	POTENCIA APROX .....	63
2.3.2.7.	RESISTENCIA SERIE (RS) .....	63
2.3.2.8.	CORRIENTE PARALELO.....	64
2.3.2.9.	FACTOR DE FORMA IDEAL (FF0).....	64
2.3.2.10.	FACTOR DE FORMA (FF).....	65
2.3.2.11.	CORRIENTE DE SALIDA .....	65
2.3.2.12.	POTENCIA APROXIMADA .....	66
2.3.2.13.	PMAX TEÓRICA PANEL .....	66
2.3.2.14.	POTENCIA SIMULADA .....	66
2.3.2.15.	POTENCIA REAL .....	67
2.3.2.16.	RENDIMIENTO .....	67
2.3.2.17.	POTENCIA SALIDA PANEL (REAL) .....	68





## 2. CÓDIGO DEL PROYECTO

### 2.1. SIMULACIÓN DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA

#### 2.1.1. CÓDIGO DE MATLAB

##### 2.1.1.1. SCRIPT PRINCIPAL *EjecucionCelula.m*

```
%% -----  
-- %%  
%  
% TRABAJO FIN DE GRADO  
%  
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA  
%  
%  
%  
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ  
%  
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA  
%  
%  
%  
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA  
%  
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
%  
%  
%  
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019  
%% -----  
-- %%  
% PROGRAMA PRINCIPAL: EjecucionCelula: Programa principal del  
proyecto. %  
%% -----  
-- %%  
%% -----  
-- %%  
%Se va al directorio donde esta el proyecto. (Medida de seguridad).  
cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Celula');  
%Se invoca a la función para parametrizar la célula.  
[V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC,TONC,delta,Rsh]=Parametros();  
%Se cargan los parametros en condiciones estandar en la estructura  
panel.  
[celula]=cargaParamCelula(V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC);  
%Se invoca a la función para introducir las entradas del sistema.  
[G,Ta]=Irr_Temp();  
%-----  
-----  
%SE EJECUTA LA SIMULACIÓN PARA LOS DATOS SELECCIONADOS.  
%-----  
-----  
%Se busca inicialmente el modelo de Simulink que se quiere ejecutar.  
find_system('Name','SimulacionCelula');
```

```
%Se reserva memoria para los vectores y matrices.
Pot_Celula=zeros(1001,1);
Pmax_T=zeros(1001,1);
Pmax_R=zeros(1001,1);
%Se calcula la temperatura de célula.
Tc=(Ta+273)+((TONC-20)/800)*G;
%Calculamos los parametros de célula. (Wagner)
celula_gt=car_celula(G,Tc,celula);
%Calculamos parametros para introducirlos en Simulink.
[Isc,Voc,Vmp,Imp]=cargaParamSimulink(celula_gt);
%Se ejecuta el modelo de Simulink para cada par de entradas.
sim('SimulacionCelula');
%Se busca el punto de máxima potencia de cada curva graficada. Funcion
MMP.
[lim]=MMP(G,Pot_Celula);
%Se rellenan los vectores de máximas potencias obtenidas.
[PotAprox_T,PotSim_R,PotSim_T,Vmax,Imax]=creaVect(G,Pmax_T(1),Pmax_R(1
im),Pot_Celula(lim),V_Celula(lim),I_Celula(lim));
%Sacar las variables de interés por pantalla.
muestraPot(G,Ta,PotAprox_T,PotSim_T,PotSim_R,Vmax,Imax);
%Guardamos el modelo de Simulink.
save_system('SimulacionCelula');
pause(0.5);

%% -----
-- %%
```

### 2.1.1.2. FUNCIÓN *Parametros.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES – UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: Parametros: Función para caracterizar la célula a simular.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%

function
[V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC,TONC,delta,Rsh]=Parametros()
```





```
%Menú para parametrizar la célula que queramos simular.
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '|  PARAMETROS DE CÉLULA EN CONDICIONES ESTANDAR  |\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
prompt1='  TENSIÓN MÁXIMA EN Pmax(STC) [V]: ';
V_Max=input(prompt1,'s');
V_Max=str2double(V_Max);
prompt2='  INTENSIDAD MÁXIMA EN Pmax(STC) [A]: ';
I_Max=input(prompt2,'s');
I_Max=str2double(I_Max);
prompt3='  TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (STC) [V]: ';
Voc_STC=input(prompt3,'s');
Voc_STC=str2double(Voc_STC);
prompt4='  CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (STC) [A]: ';
Isc_STC=input(prompt4,'s');
Isc_STC=str2double(Isc_STC);
prompt5='  IRRADIANCIA (STC) [W/m2]: ';
G_STC=input(prompt5,'s');
G_STC=str2double(G_STC);
prompt6='  TONC (STC) [°C]: ';
TONC=input(prompt6,'s');
TONC=str2double(TONC);
prompt7='  Delta [%/°C]: ';
delta=input(prompt7,'s');
delta=str2double(delta);
fprintf(1, '\n\n');
Rsh=415.405;
```

end

```
%% -----
-- %%
```

### 2.1.1.3. FUNCIÓN *cargaParamCelula.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: cargaParamCelula: Función para cargar parametros en la
struct. %
```

```
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [celula] =
cargaParamCelula(V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC)
%Se forma la estructura celula.
celula.Isc=Isc_STC;
celula.Vmp=V_Max;
celula.Imp=I_Max;
celula.Voc=Voc_STC;
celula.GT=G_STC;
celula.Tc=25;
end

%% -----
-- %%
```

#### 2.1.1.4. FUNCIÓN *Irr\_Temp.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES – UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: Irr_Temp: Función para introducir la irradiancia y
temperatura.%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [G,Ta]=Irr_Temp()
%Menú para introducir las entradas del sistema de simulación.
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(1,'| INTRODUCIR POR TECLADO LAS ENTRADAS |\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
prompt1=' --> IRRADIANCIA [W/m2]: ';
G=input(prompt1,'s');
G=str2double(G);
prompt2=' --> TEMPERATURA AMBIENTE [°C]: ';
Ta=input(prompt2,'s');
```



```
Ta=str2double(Ta);  
fprintf(1, '\n\n');
```

```
end
```

```
%% -----  
-- %%
```

### 2.1.1.5. FUNCIÓN *car\_celula.m*

```
%% -----  
-- %%  
%  
% TRABAJO FIN DE GRADO  
%  
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA  
%  
%  
%  
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ  
%  
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA  
%  
%  
%  
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA  
%  
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
%  
%  
%  
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019  
%  
%% -----  
-- %%  
% FUNCION: car_celula: Determina los valores característicos de la  
célula %  
% según el modelo de Wagner.  
%  
%% -----  
-- %%  
%% -----  
-- %%  
% ARGUMENTOS DE ENTRADA:  
% GT: Irradiación global que recibe la célula (W/m2)  
% Tc: Temperatura de la célula (°C)  
% celula: Estructura con los valores característicos de la célula en  
STC.  
% celula.Isc: Corriente de cortocircuito (A)  
% celula.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)  
% celula.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)  
% celula.Voc: Tensión de circuito abierto (V)  
% celula.GT: 1000 - Irradiancia estándar (W/m2)  
% celula.Tc: 25 - Temperatura estándar (°C)  
%% -----  
-- %%  
% SALIDA:
```

```
% celula_gt: Estructura con las características para CONDICIONES GT y
Tc.
% celula_gt.Isc: Corriente de cortocircuito (A)
% celula_gt.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)
% celula_gt.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)
% celula_gt.Voc: Tensión de circuito abierto (V)
% celula_gt.GT: Irradiancia global (W/m2)
% celula_gt.Tc: Temperatura de célula (°C)
%% -----
-- %%
function celula_gt=car_celula(GT,Tc,celula)
% ----- CONSTANTES -----
GT_REF = 1000; % W/m2
Tc_REF = 25; % °C
up = -0.0044; % Coeficiente de potencia de la célula ( /°C)
Tc = Tc-273; % Debido a que yo trabajo en K.
% ----- CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CÉLULA EN CONDICIONES GT y
Tc -----
if GT<0.2 % De noche: Irradiancia cero
    celula_gt.GT = GT;
    celula_gt.Tc = Tc;
    celula_gt.Isc = 0;
    celula_gt.Imp = 0;
    celula_gt.Vmp = 0;
    celula_gt.Voc = 0;
else
    % Llamada a la función "parW_celula" con entrada estandar
    (celula).
    % Determina los parámetros de Wagner en condiciones estándar.
    % Devuelve 'parWag_st'.
    parWag_st=parW_celula(celula);
    celula_gt.GT = GT;
    celula_gt.Tc = Tc;
    celula_gt.Isc = celula.Isc * GT/GT_REF;
    celula_gt.Imp = celula.Imp * GT/GT_REF;
    sum1 = celula.Vmp / (1 + up*(Tc_REF - Tc));
    sum2 = parWag_st.vT * Tc * log(GT/GT_REF) / Tc_REF;
    sum3 = celula.Imp * parWag_st.RPV * (GT/GT_REF - 1);
    celula_gt.Vmp = sum1 + sum2 - sum3;
    % El modelo hace cosas raras para Irradiancias pequeñas y Tª
    altas.
    if celula_gt.Vmp<0;
        celula_gt.Vmp=0;
    end;
    celula_gt.Voc = celula.Voc * celula_gt.Vmp / celula.Vmp;
end
%% -----
-- %%
```

#### 2.1.1.6. FUNCIÓN *parW\_celula.m*

TRABAJO FIN DE GRADO



```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%% -----
-- %%
% FUNCION: parW_celula: Subrutina que determina los parámetros del
modelo %
%
% de Wagner de la célula.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
% ARGUMENTOS DE ENTRADA:
% celula: Estructura de características de una célula fotovoltaica.
% celula.Isc: Corriente de cortocircuito (A)
% celula.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)
% celula.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)
% celula.Voc: Tensión de circuito abierto (V)
% celula.GT: Irradiancia a la que se obtuvieron las características
(W/m2)
% celula.Tc: Temperatura de célula (°C)
%% -----
-- %%
% SALIDA:
% celula_parW: Estructura con los parámetros de Wagner de la celula.
% celula_parW.GT: Irradiancia STC. (W/m2)
% celula_parW.Tc: Temperatura STC. (°C)
% celula_parW.RPV: RPV
% celula_parW.vT: vT
% celula_parW.I0: I0
% celula_parW.IL: IL
%% -----
-- %%
function celula_parW=parW_celula(celula)
% _____ CONSTANTES _____
k = [-5.411, 6.450, 3.417, -4.422];
% _____ CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE WAGNER DE LA CÉLULA _____
sum1 = k(1)*celula.Imp*celula.Vmp/(celula.Isc*celula.Voc);
sum2 = k(2)*celula.Vmp/celula.Voc;
sum3 = k(3)*celula.Imp/celula.Isc;
Moc = (celula.Voc/celula.Isc)*(sum1 + sum2 + sum3 + k(4));
```

```
celula_parW.RPV = -Moc * (celula.Isc/celula.Imp) +
(celula.Vmp/celula.Imp)*(1 - celula.Isc/celula.Imp);
celula_parW.vT = -(Moc + celula_parW.RPV) * celula.Isc;
celula_parW.I0 = celula.Isc * exp(-celula.Voc/celula_parW.vT);
celula_parW.IL = celula.Isc;
celula_parW.GT = celula.GT;
celula_parW.Tc = celula.Tc;
end
```

```
%% -----
-- %%
```

### 2.1.1.7. FUNCIÓN *cargaParamSimulink.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES – UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: cargaParamSimulink: Función para calcular entradas a
Simulink. %
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [Isc,Voc,Vmp,Imp] = cargaParamSimulink(celula_gt)
%Se calculan los parametros que se meten como entrada a Simulink.
Isc=celula_gt.Isc;
Voc=celula_gt.Voc;
Vmp=celula_gt.Vmp;
Imp=celula_gt.Imp;
end

%% -----
-- %%
```

### 2.1.1.8. FUNCIÓN *MMP.m*



ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ

```
TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA

%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
% -----
% -- %%
% FUNCIÓN: creaVect: Función para formar los vectores con las
potencias. %
% -----
% -- %%
% -----
% -- %%
function
[PotAprox_T,PotSim_R,PotSim_T,Vmax,Imax]=creaVect(G,Pmax_T,Pmax_R,Pot_
Panel,V_Panel,I_Panel)
if (G~=0)
    %Guardamos en otros vectores la potencia teórica y la real.
    PotAprox_T=Pmax_T;
    PotSim_R=Pmax_R;
    %Obtención Punto de máxima potencia de la gráfica a nivel de
célula.
    PotSim_T=Pot_Panel;
    Vmax=V_Panel;
    Imax=I_Panel;
else
    %Guardamos en otros vectores la potencia teórica y la real.
    PotAprox_T=0;
    PotSim_R=0;
    %Obtención Punto de máxima potencia de la gráfica a nivel de
célula.
    PotSim_T=0;
    Vmax=0;
    Imax=0;
end
end

%%
```

#### 2.1.1.10. FUNCIÓN *muestraPot.m*

ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ





```
TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA

%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: muestraPot: Función para sacar por pantalla los resultados.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%

function
[ ]=muestraPot(G,Ta,PotenciaAprox_T,PotenciaSim_T,PotenciaSim_R,Vmax,Imax)

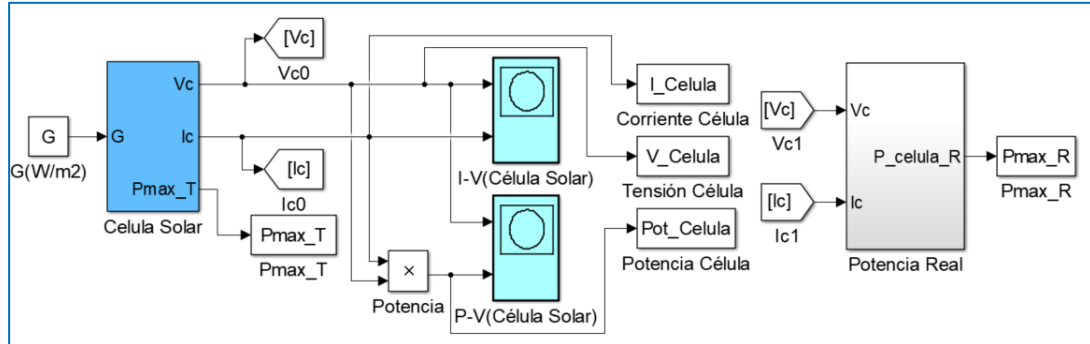
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(1,'| RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN. |\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(' ---> G es: %.2f',G);
fprintf('\n');
fprintf(' ---> Ta es: %.2f',Ta);
fprintf('\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(' La Pmax Ideal (Aprox) [W] es: %.2f',PotenciaAprox_T);
fprintf('\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(' La Pmax Ideal (Sim) [W] es: %.2f',PotenciaSim_T);
fprintf('\n');
fprintf(' La Vmax Ideal (Sim) [V] es: %.2f',Vmax);
fprintf('\n');
fprintf(' La Imax Ideal (Sim) [A] es: %.2f',Imax);
fprintf('\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(' La Pmax Real (Sim) [W] es: %.2f', PotenciaSim_R);
fprintf('\n');
fprintf(1,'|-----|\n\n');

end

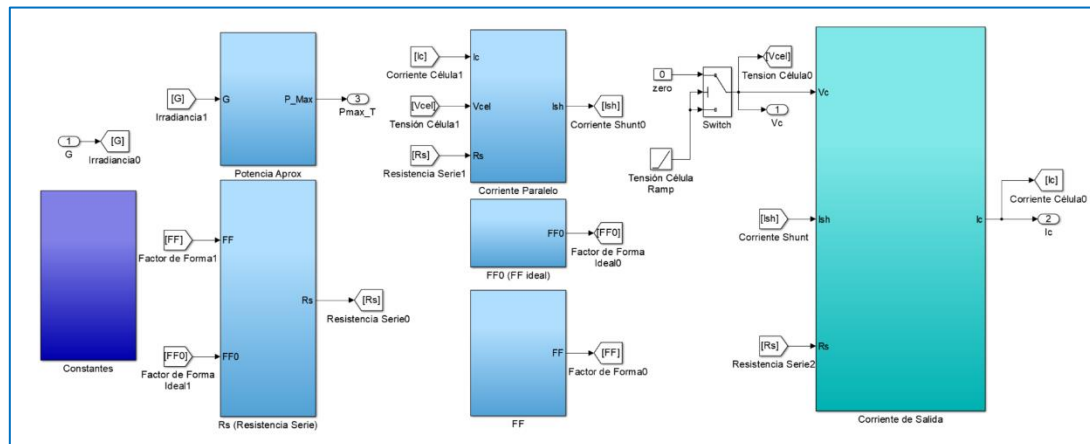
%% -----
-- %%
```

## 2.1.2. MODELO DE SIMULINK *SimulacionCelula.slx*

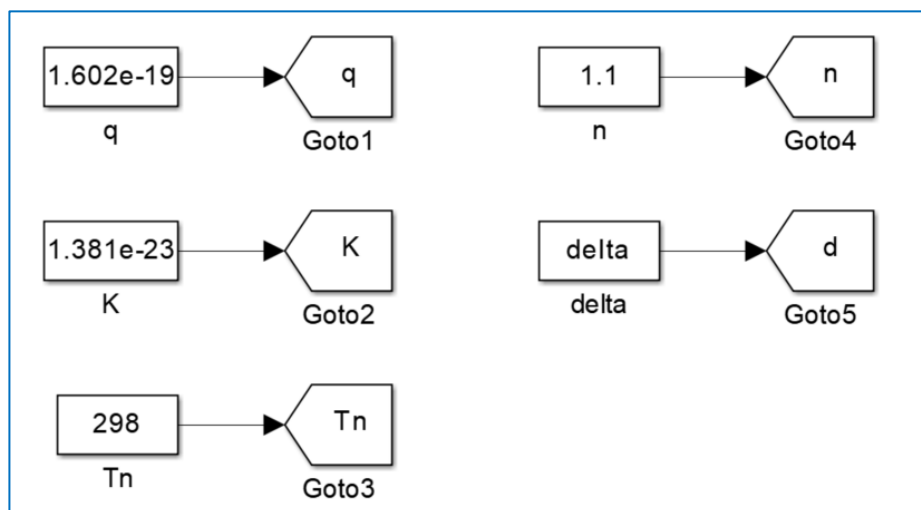
### 2.1.2.1. SimulacionCelula



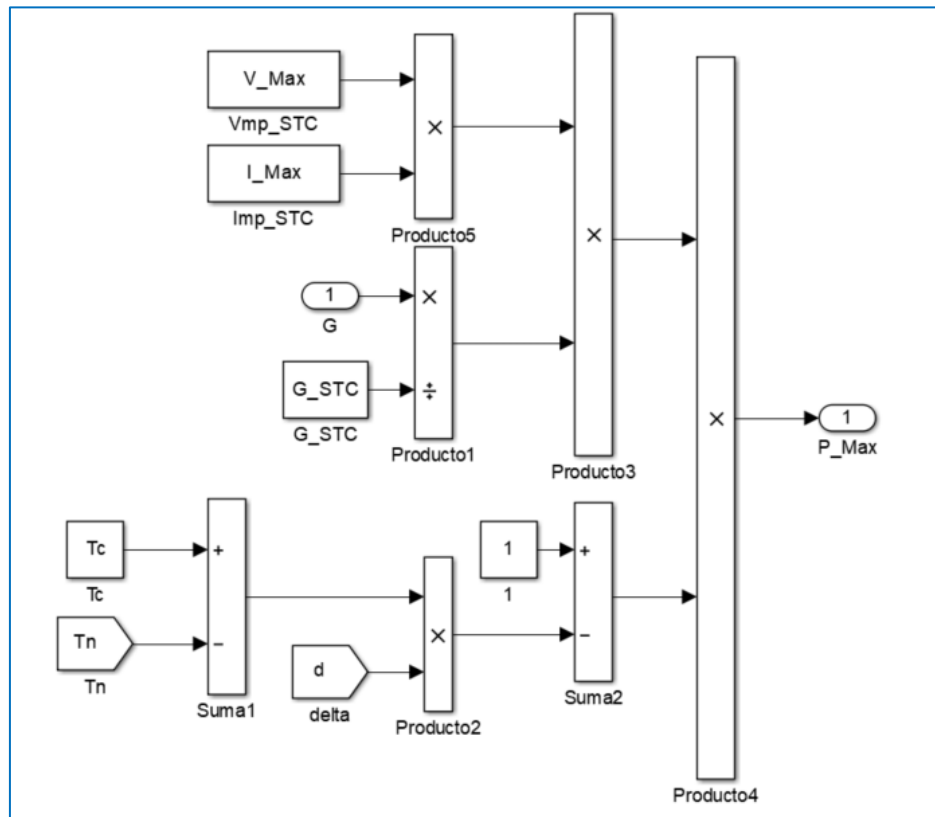
### 2.1.2.2. CELULA SOLAR



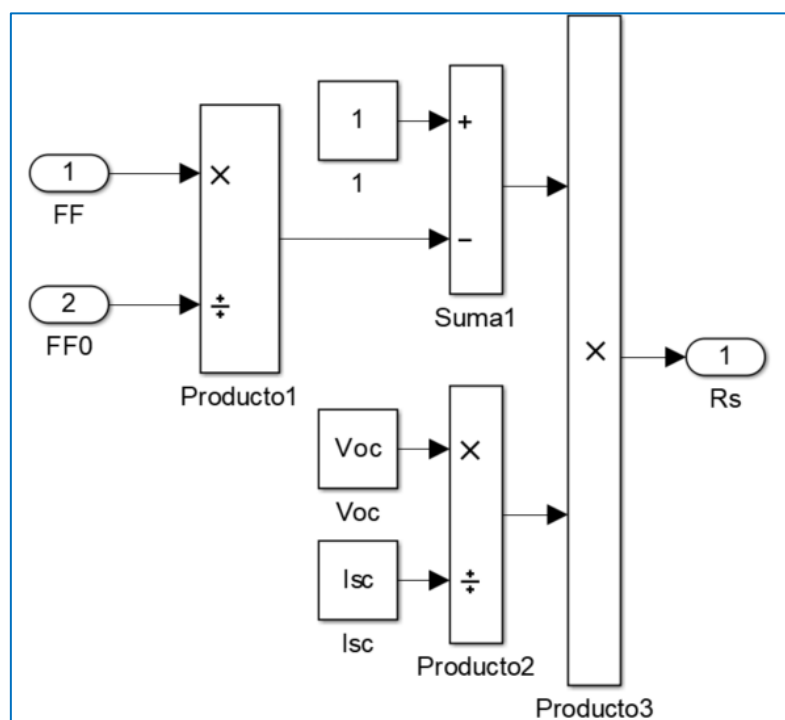
### 2.1.2.3. CONSTANTES



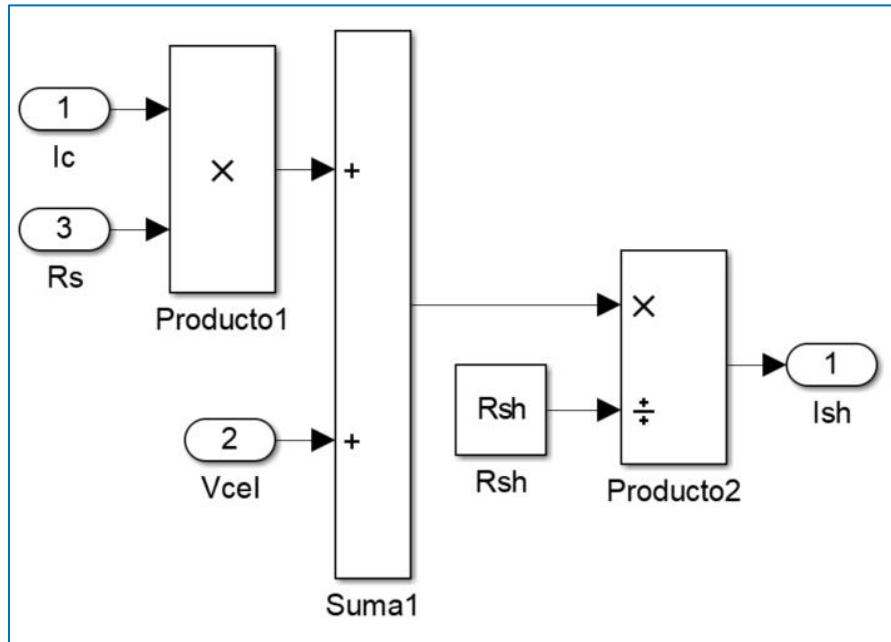
#### 2.1.2.4. POTENCIA APROX



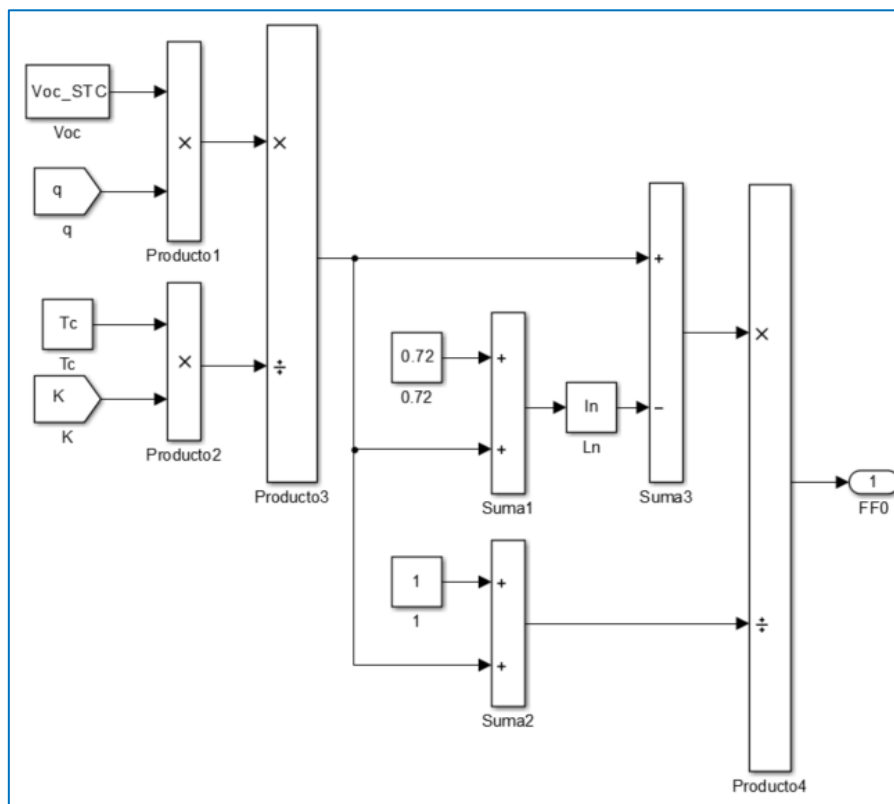
#### 2.1.2.5. RESISTENCIA SERIE (RS)



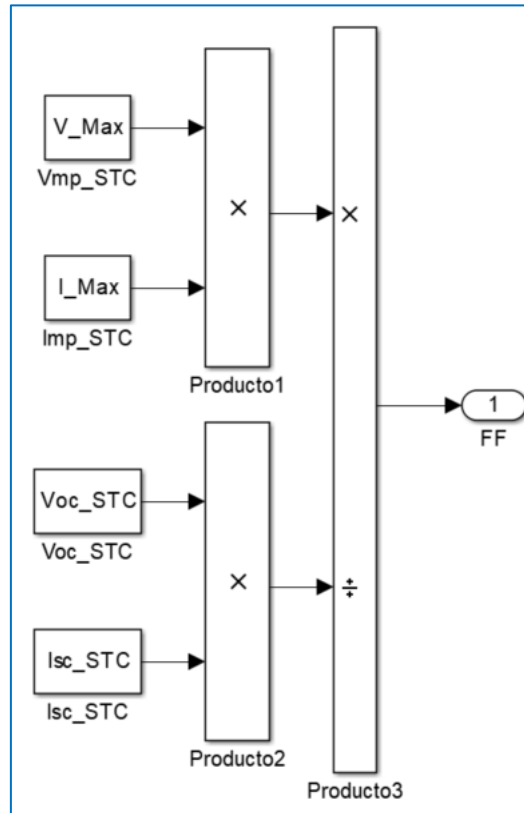
### 2.1.2.6. CORRIENTE PARALELO



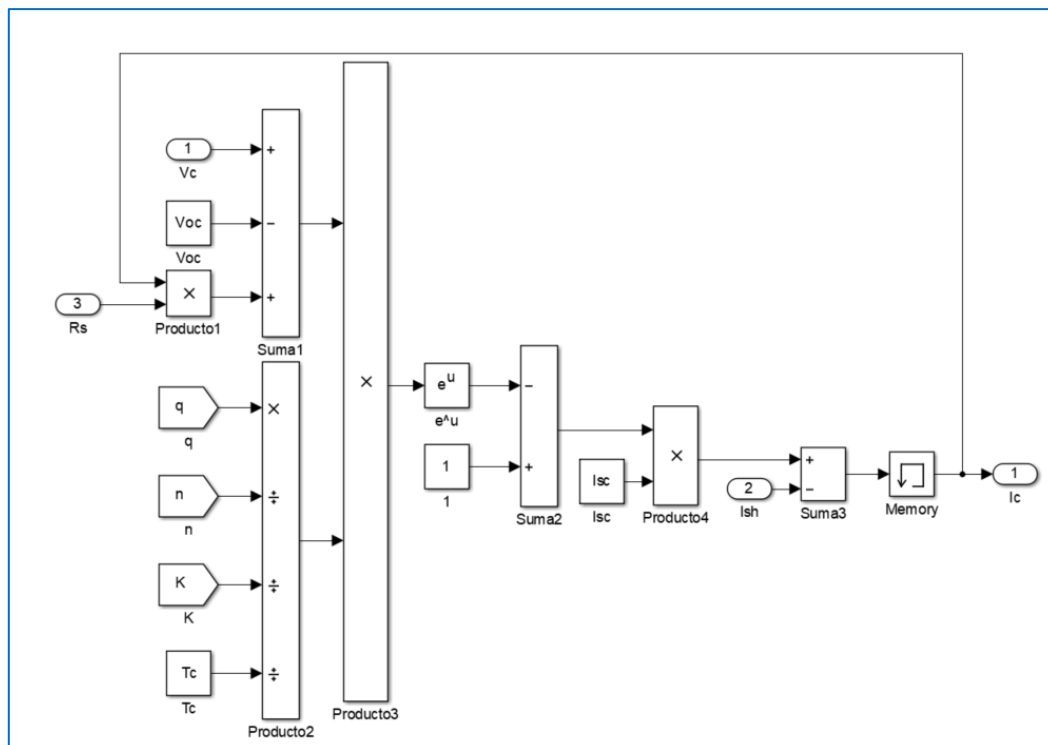
### 2.1.2.7. FACTOR DE FORMA IDEAL (FF0)



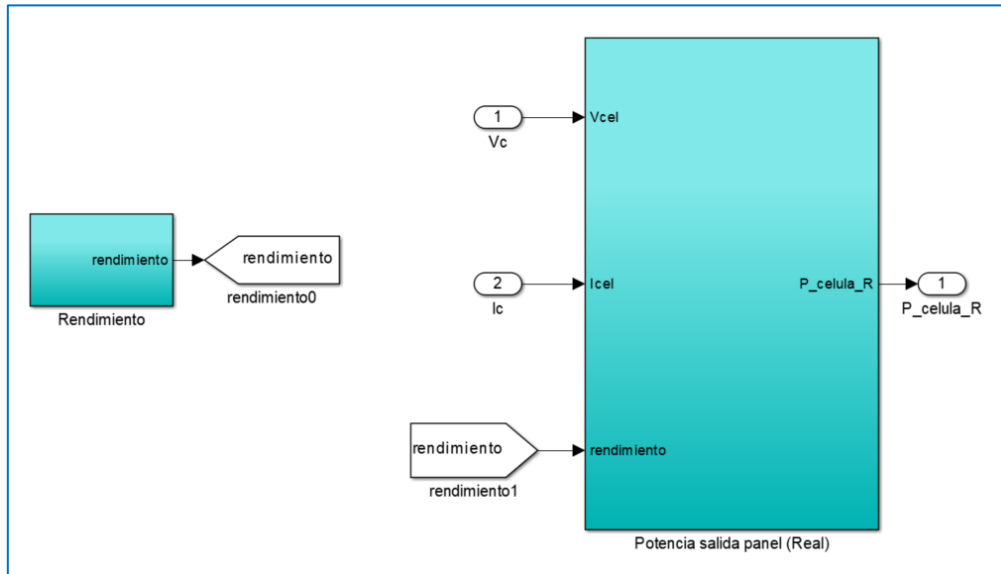
### 2.1.2.8. FACTOR DE FORMA (FF)



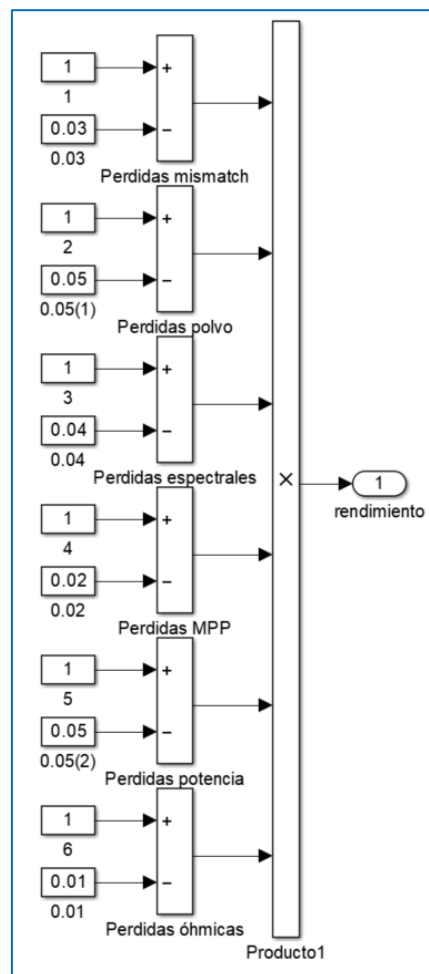
### 2.1.2.9. CORRIENTE DE SALIDA



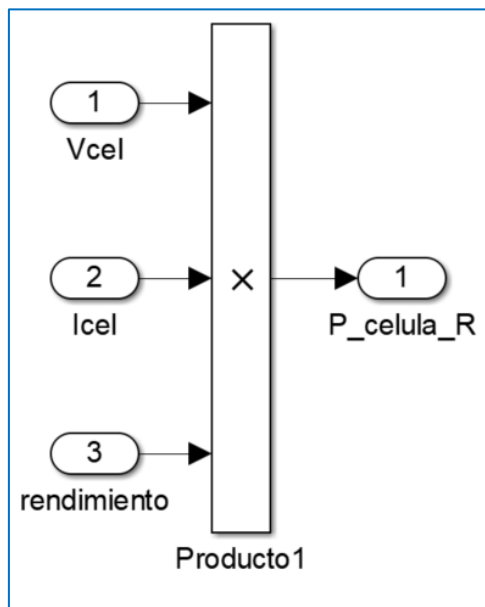
### 2.1.2.10. POTENCIA REAL



### 2.1.2.11. RENDIMIENTO



### 2.1.2.12. POTENCIA SALIDA CELULA (REAL)



## 2.2. SIMULACIÓN DE UN PANEL FOTOVOLTAICO

### 2.2.1. CÓDIGO DE MATLAB

#### 2.2.1.1. SCRIPT PRINCIPAL *EjecucionPanel.m*

```

%% -----
-- %%
%
% TRABAJO FIN DE GRADO
%
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
% -----
-- %%

```

```
% PROGRAMA PRINCIPAL: EjecucionPanel: Programa principal del proyecto.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
%Se va al directorio donde esta el proyecto. (Medida de seguridad).
cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Panel');
%Se invoca a la función para parametrizar el panel.
[V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC,TONC,delta,Rsh]=Parametros();
%Se cargan los parametros en condiciones estandar en la estructura
panel.
[panel]=cargaParamPanel(V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC);
%Se invoca a la función EligePanel para seleccionar Ns y Np.
[Ns,Np]=EligePanel;
%Se invoca a la función para introducir las entradas del sistema.
[G,Ta]=Irr_Temp();
%-----
-----
%SE EJECUTA LA SIMULACIÓN PARA LOS DATOS SELECCIONADOS.
%-----
-----
%Se busca inicialmente el modelo de Simulink que se quiere ejecutar.
find_system('Name','SimulacionPanel');
%Se reserva memoria para los vectores y matrices.
Pot_Panel=zeros(101,1);
Pmax_T=zeros(101,1);
Pmax_R=zeros(101,1);
%Se calcula la temperatura de a nivel de célula.
Tc=(Ta+273)+((TONC-20)/800)*G;
%Calculamos los parametros del panel. (Wagner)
panel_gt=car_panel(G,Tc,panel);
%Calculamos parametros para introducirlos en Simulink.
[Isc,Voc,Vmp,Imp]=cargaParamSimulink(panel_gt);
%Se ejecuta el modelo de Simulink para cada par de entradas.
sim('SimulacionPanel');
%Se busca el punto de máxima potencia de cada curva graficada. Funcion
MMP.
[lim]=MMP(G,Pot_Panel);
%Se rellenan los vectores de máximas potencias obtenidas.
[PotAprox_T,PotSim_R,PotSim_T,Vmax,Imax]=creaVect(G,Pmax_T(1),Pmax_R(1
im),Pot_Panel(lim),V_Panel(lim),I_Panel(lim));
%Sacar las variables de interés por pantalla.
muestraPot(G,Ta,PotAprox_T,PotSim_T,PotSim_R,Vmax,Imax);
%Guardamos el modelo de Simulink.
save_system('SimulacionPanel');
pause(0.5);

%% -----
-- %%
```

### 2.2.1.2. FUNCIÓN *Parametros.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
```





### 2.2.1.3. FUNCIÓN *cargaParamPanel.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: cargaParamPanel: Función para cargar parametros en la
struct. %
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [panel] = cargaParamPanel(V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC)
%Se forma la estructura panel.
panel.Isc=Isc_STC;
panel.Vmp=V_Max;
panel.Imp=I_Max;
panel.Voc=Voc_STC;
panel.GT=G_STC;
panel.Tc=25;
end
%% -----
-- %%
```

#### 2.2.1.4. FUNCIÓN *EligePanel.m*

ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ

TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA

GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA



```
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: EligePanel: Función para elegir el número de células del
panel.%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [Ns,Np] = EligePanel()
%El usuario introduce las dimensiones del panel fotovoltaico.
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(1,'|   INTRODUZCA EL NÚMERO DE CÉLULAS DEL PANEL.   |\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
prompt1='   Ns (Células serie): ';
prompt2='   Np (Células paralelo): ';
%Se detectan las opciones tecleadas y se pasa a double.
Ns=input(prompt1,'s');
Np=input(prompt2,'s');
Ns=str2double(Ns);
Np=str2double(Np);
fprintf(1,'|-----|\n\n');
end

%% -----
-- %%
```

### 2.2.1.5. FUNCIÓN *Irr\_Temp.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: Irr_Temp: Función para introducir la irradiancia y
temperatura.%
```

```
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [G,Ta]=Irr_Temp()
%Menú para introducir las entradas del sistema de simulación.
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(1,'|          INTRODUCIR POR TECLADO LAS ENTRADAS          |\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
prompt3=' --> IRRADIANCIA [W/m2]: ';
G=input(prompt3,'s');
G=str2double(G);
prompt4=' --> TEMPERATURA AMBIENTE [°C]: ';
Ta=input(prompt4,'s');
Ta=str2double(Ta);
fprintf(1,'\n\n');

end

%% -----
-- %%
```

#### 2.2.1.6. FUNCIÓN *car\_panel.m*

```
%% -----
-- %%
%
%          TRABAJO FIN DE GRADO
%
%          ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%          AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
%          TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%          GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
%          ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%          CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCION: car_panel: Determina los valores característicos de un
panel    %
%          según el modelo de Wagner.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
```



```
% ARGUMENTOS DE ENTRADA:
% GT: Irradiación global que recibe el módulo (W/m2)
% Tc: Temperatura de la célula (°C)
% panel: Estructura con los valores característicos del panel en
CONDICIONES ESTÁNDAR.
% panel.Isc: Corriente de cortocircuito (A)
% panel.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)
% panel.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)
% panel.Voc: Tensión de circuito abierto (V)
% panel.GT: 1000 - Irradiancia estándar (W/m2)
% panel.Tc: 25 - Temperatura estándar (°C)
%% -----
-- %%
% SALIDA:
% panel_gt: Estructura con las características para CONDICIONES GT y
Tc.
% panel_gt.Isc: Corriente de cortocircuito (A)
% panel_gt.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)
% panel_gt.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)
% panel_gt.Voc: Tensión de circuito abierto (V)
% panel_gt.GT: Irradiancia global (W/m2)
% panel_gt.Tc: Temperatura de célula (°C)
%% -----
-- %%
function panel_gt=car_panel(GT, Tc, panel)
% ----- CONSTANTES -----
GT_REF = 1000;      % W/m2
Tc_REF = 25;        % °C
up = -0.0044;       % Coeficiente de potencia de la célula ( /°C)
Tc = Tc-273;        % Debido a que yo trabajo en K.
% ----- CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PANEL EN CONDICIONES GT y
Tc -----
if GT<0.2                                % De noche: Irradiancia cero
    panel_gt.GT = GT;
    panel_gt.Tc = Tc;
    panel_gt.Isc = 0;
    panel_gt.Imp = 0;
    panel_gt.Vmp = 0;
    panel_gt.Voc = 0;

else
    % Llamada a la función "parW_panel" con entrada estándar (panel).
    % Determina los parámetros de Wagner en condiciones estándar.
    % Devuelve 'parWag_st'.
    parWag_st=parW_panel(panel);
    panel_gt.GT = GT;
    panel_gt.Tc = Tc;
    panel_gt.Isc = panel.Isc * GT/GT_REF;
    panel_gt.Imp = panel.Imp * GT/GT_REF;
    sum1 = panel.Vmp / (1 + up*(Tc_REF - Tc));
    sum2 = parWag_st.vT * Tc * log(GT/GT_REF) / Tc_REF;
    sum3 = panel.Imp * parWag_st.RPV * (GT/GT_REF - 1);
    panel_gt.Vmp = sum1 + sum2 - sum3;
    % El modelo hace cosas raras para Irradiancias pequeñas y Tª
    altas.
    if panel_gt.Vmp<0;
        panel_gt.Vmp=0;
    end;
    panel_gt.Voc = panel.Voc * panel_gt.Vmp / panel.Vmp;
```

end

```
%% -----
-- %%
```

### 2.2.1.7. FUNCIÓN *parW\_panel.m*

```
%% -----
-- %%
%
% TRABAJO FIN DE GRADO
%
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCION: parW_panel: Subrutina que determina los parámetros del
modelo %
%
% de Wagner del panel.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
% ARGUMENTOS DE ENTRADA:
% panel: Estructura de características de un panel fotovoltaico.
% panel.Isc: Corriente de cortocircuito (A)
% panel.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)
% panel.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)
% panel.Voc: Tensión de circuito abierto (V)
% panel.GT: Irradiancia a la que se obtuvieron las características
(W/m2)
% panel.Tc: Temperatura de célula (°C)
%% -----
-- %%
% SALIDA:
% panel_parW: Estructura con los parámetros de Wagner del panel.
% panel_parW.GT: Irradiancia STC.(W/m2)
% panel_parW.Tc: Temperatura STC.(°C)
% panel_parW.RPV: RPV
% panel_parW.vT: vT
```



```
% panel_parW.I0: I0
% panel_parW.IL: IL
%% -----
-- %%
function panel_parW=parW_panel(panel)
% ----- CONSTANTES -----
k = [-5.411, 6.450, 3.417, -4.422];
% ----- CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE WAGNER DEL PANEL -----
sum1 = k(1)*panel.Imp*panel.Vmp/(panel.Isc*panel.Voc);
sum2 = k(2)*panel.Vmp/panel.Voc;
sum3 = k(3)*panel.Imp/panel.Isc;
Moc = (panel.Voc/panel.Isc)*(sum1 + sum2 + sum3 + k(4));

panel_parW.RPV = -Moc * (panel.Isc/panel.Imp) +
(panel.Vmp/panel.Imp)*(1 - panel.Isc/panel.Imp);
panel_parW.vT = -(Moc + panel_parW.RPV) * panel.Isc;
panel_parW.I0 = panel.Isc * exp(-panel.Voc/panel_parW.vT);
panel_parW.IL = panel.Isc;
panel_parW.GT = panel.GT;
panel_parW.Tc = panel.Tc;
end

%% -----
-- %%
```

### 2.2.1.8. FUNCIÓN *cargaParamSimulink.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: cargaParamSimulink: Función para calcular entradas a
Simulink. %
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [Isc,Voc,Vmp,Imp] = cargaParamSimulink(panel_gt)
%Se calculan los parametros que se meten como entrada a Simulink.
Isc=panel_gt.Isc;
```

```
Voc=panel_gt.Voc;  
Vmp=panel_gt.Vmp;  
Imp=panel_gt.Imp;  
end
```

#### 2.2.1.9. FUNCIÓN $MMP.m$

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
% -----
-- %%
% FUNCIÓN: MMP: Algoritmo programado para obtener la máxima potencia.
% -----
-- %%
% -----
-- %%
function [lim]=MMP(G,Pot_Panel)
    if(G==0)
        %Cuando la irradiancia es 0 la potencia entregada es 0.
        lim=1;
    else
        %Cuando la irradiancia es diferente de 0 hallamos el PMP.
        lim=1;
        for k=1:length(Pot_Panel)
            if(Pot_Panel(k)<Pot_Panel(k+1))
                %lim será el índice de Pot_Panel en el que esté la
Pmax (sim).
                    lim=lim+1;
            elseif(Pot_Panel(k)>Pot_Panel(k+1))
                break;
            end
        end
    end
end
end
```





```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: creaVect: Función para formar los vectores con las
potencias. %
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function
[PotAprox_T,PotSim_R,PotSim_T,Vmax,Imax]=creaVect(G,Pmax_T,Pmax_R,Pot_
Panel,V_Panel,I_Panel)
if(G~=0)
    %Se guarda en otros vectores la potencia teórica y la real.
    PotAprox_T=Pmax_T;
    PotSim_R=Pmax_R;
    %Obtención Punto de máxima potencia de la gráfica a nivel de
panel.
    PotSim_T=Pot_Panel;
    Vmax=V_Panel;
    Imax=I_Panel;
else
    %Se guarda en otros vectores la potencia teórica y la real.
    PotAprox_T=0;
    PotSim_R=0;
    %Obtención Punto de máxima potencia de la gráfica a nivel de
panel.
    PotSim_T=0;
    Vmax=0;
    Imax=0;
end
end
```

Response	Percentage
Yes, the U.S. should take action to reduce global warming	90%
No, the U.S. should not take action to reduce global warming	10%

#### 2.2.1.11. FUNCIÓN *muestraPot.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: muestraPot: Función para sacar por pantalla los resultados.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%

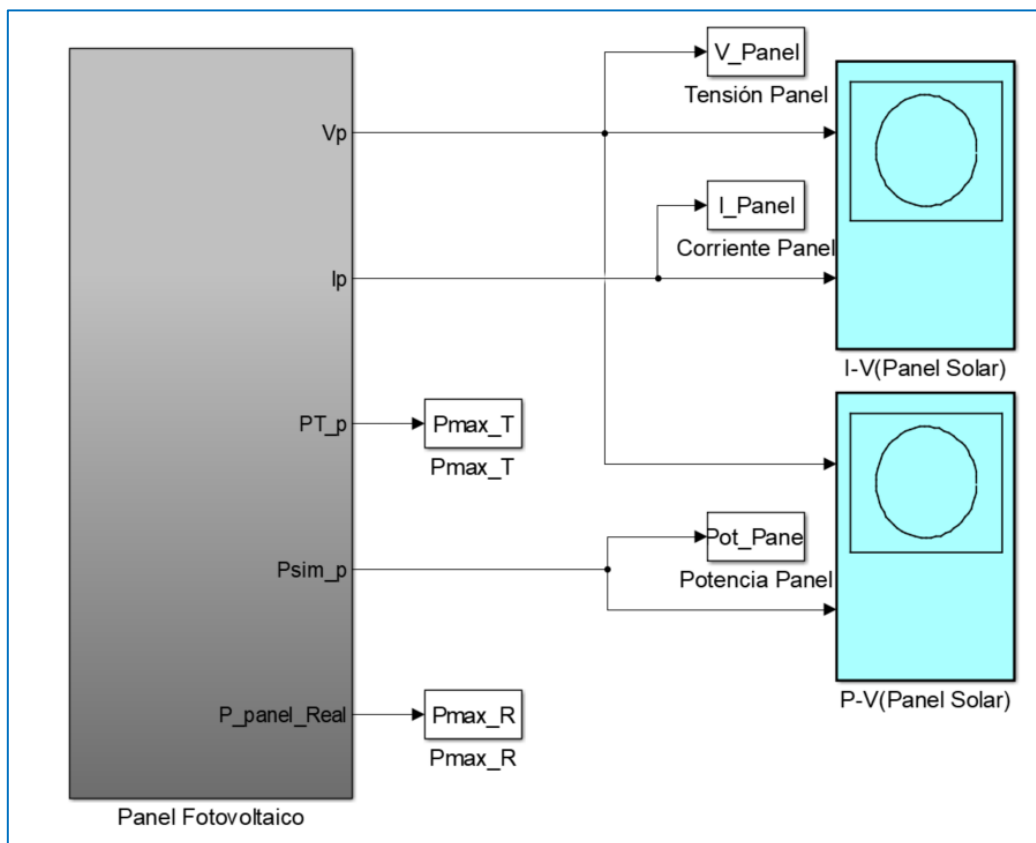
function
[]=muestraPot(G,Ta,PotenciaAprox_T,PotenciaSim_T,PotenciaSim_R,Vmax,Imax)
%Se forman los mensajes que se obtendrán por pantalla.
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(1,'| RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN. |\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf('    ---> G   es: %.2f',G);
fprintf('\n');
fprintf('    ---> Ta es: %.2f',Ta);
fprintf('\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf('    La Pmax Ideal (Aprox) [W] es: %.2f',PotenciaAprox_T);
fprintf('\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf('    La Pmax Ideal (Sim) [W] es: %.2f',PotenciaSim_T);
fprintf('\n');
fprintf('    La Vmax Ideal (Sim) [V] es: %.2f',Vmax);
fprintf('\n');
fprintf('    La Imax Ideal (Sim) [A] es: %.2f',Imax);
fprintf('\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf('    La Pmax Real (Sim)      [W] es: %.2f', PotenciaSim_R);
fprintf('\n');
fprintf(1,'|-----|\n\n');
```

end

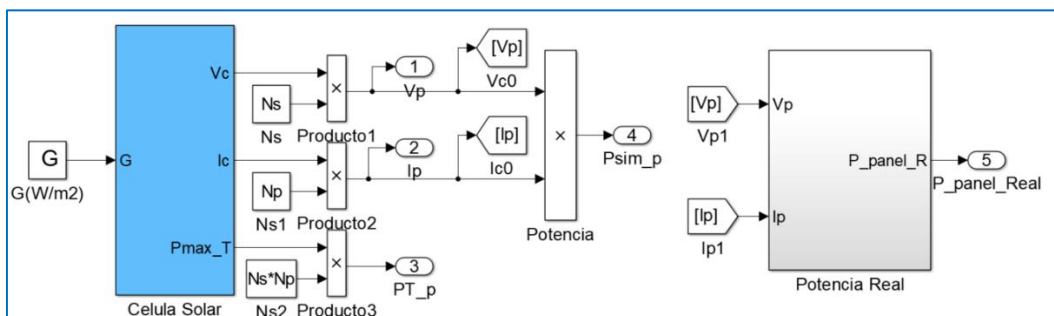
%%  
-- %%

## 2.2.2. MODELO DE SIMULINK *SimulacionPanel.slx*

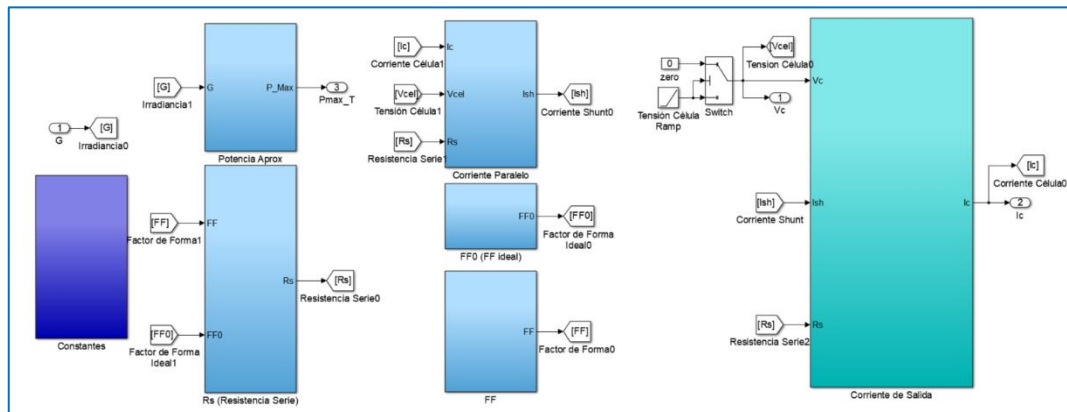
### 2.2.2.1. SimulacionPanel



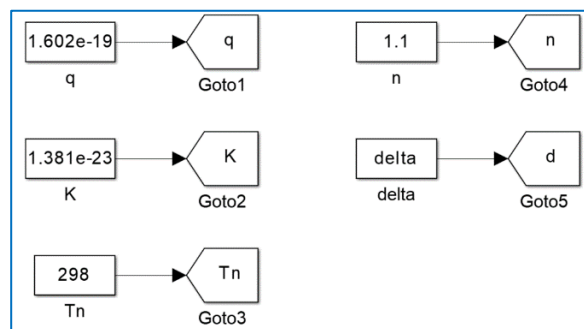
### 2.2.2.2. PANEL FOTOVOLTAICO



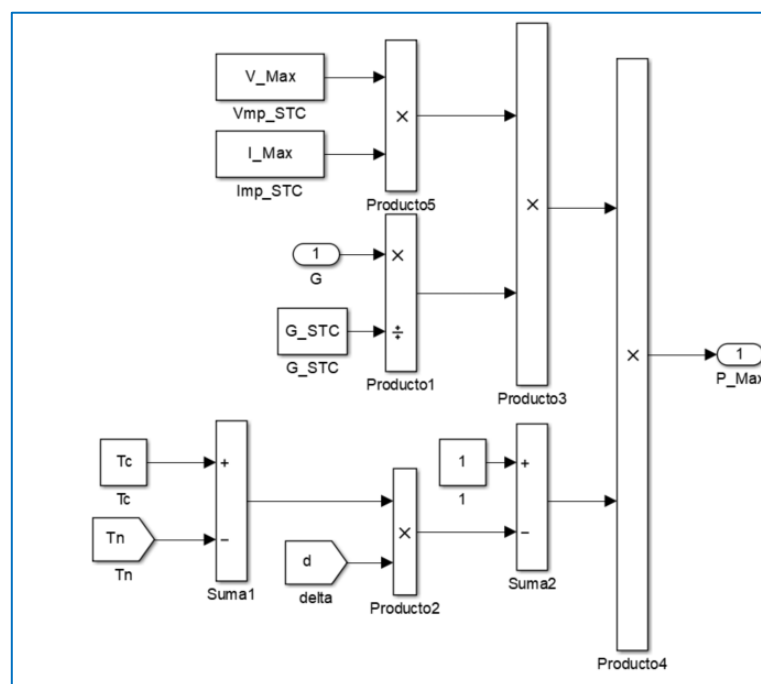
### 2.2.2.3. CELULA SOLAR



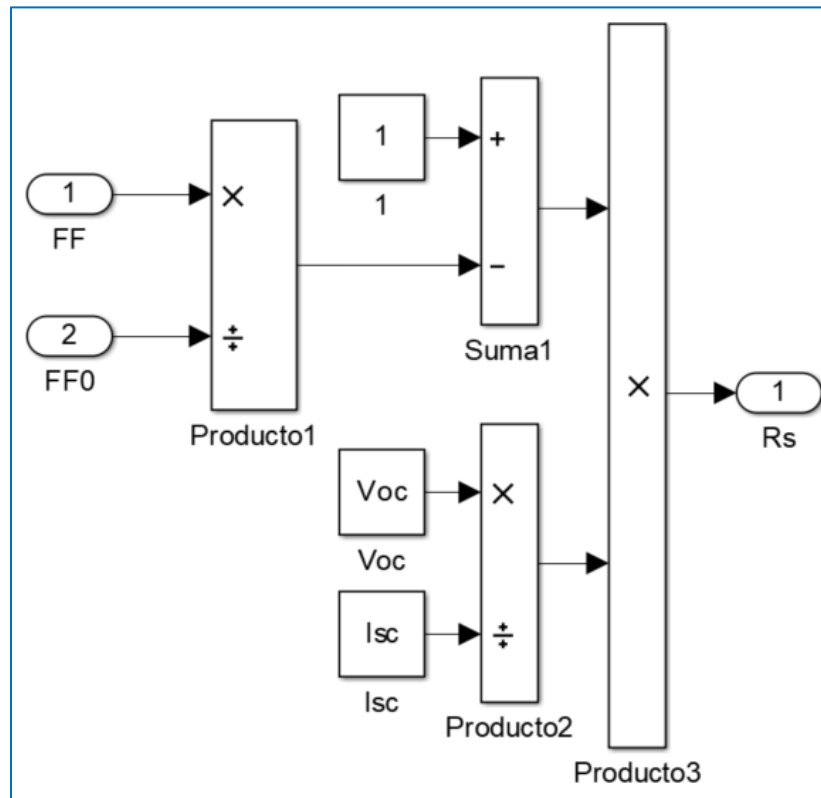
### 2.2.2.4. CONSTANTES



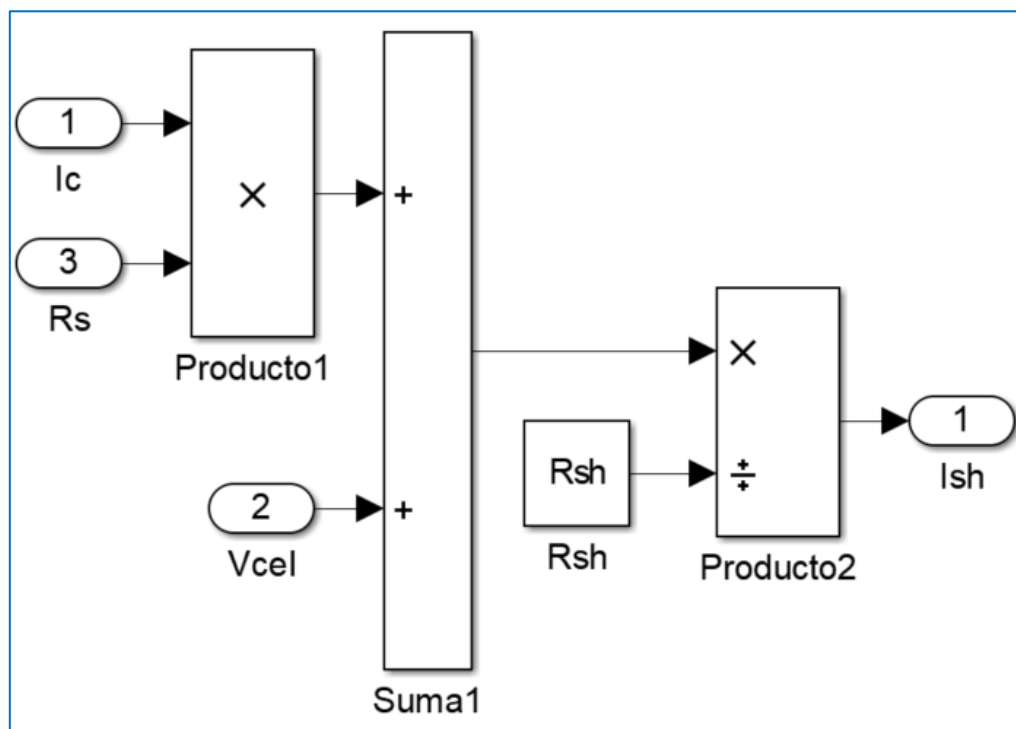
### 2.2.2.5. POTENCIA APROX



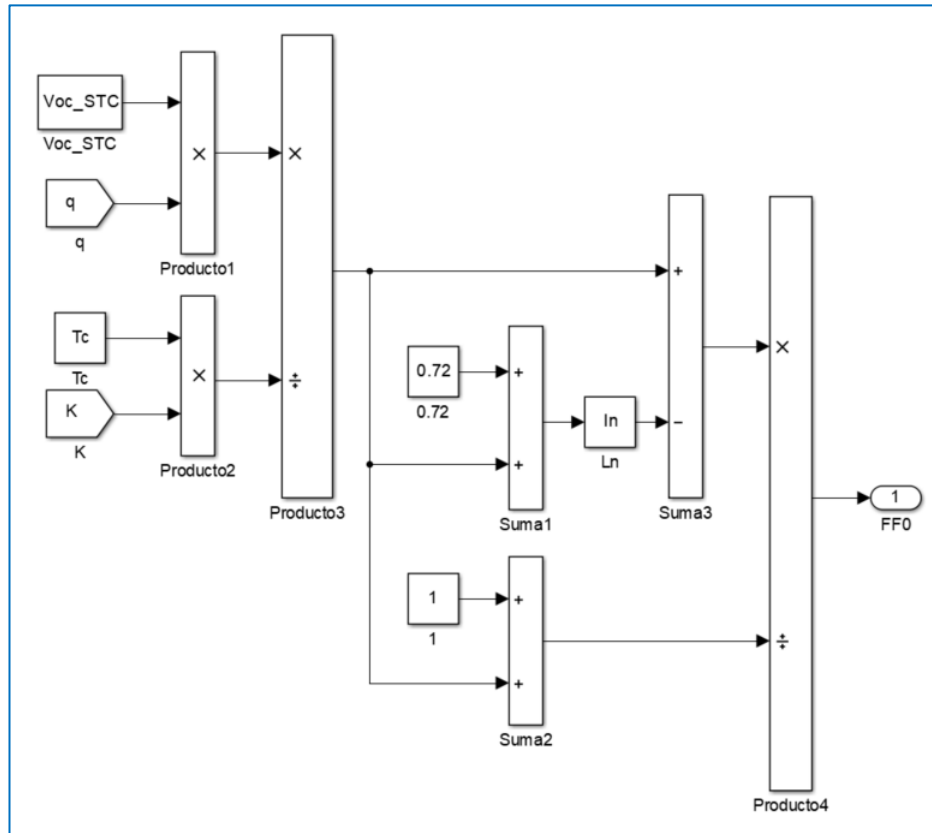
### 2.2.2.6. RESISTENCIA SERIE (RS)



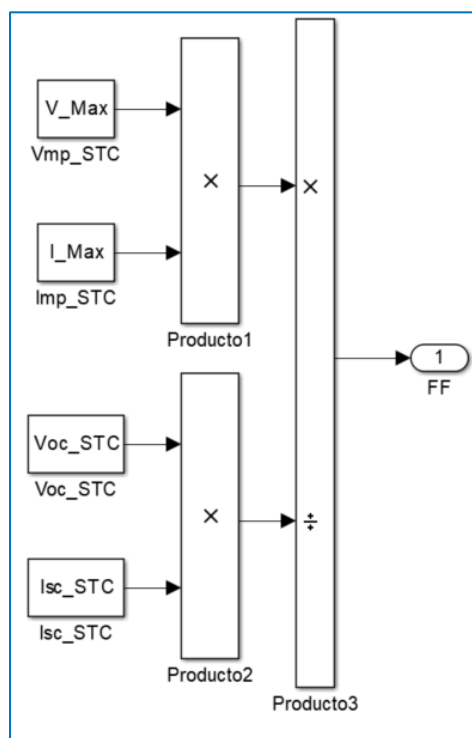
### 2.2.2.7. CORRIENTE PARALELO



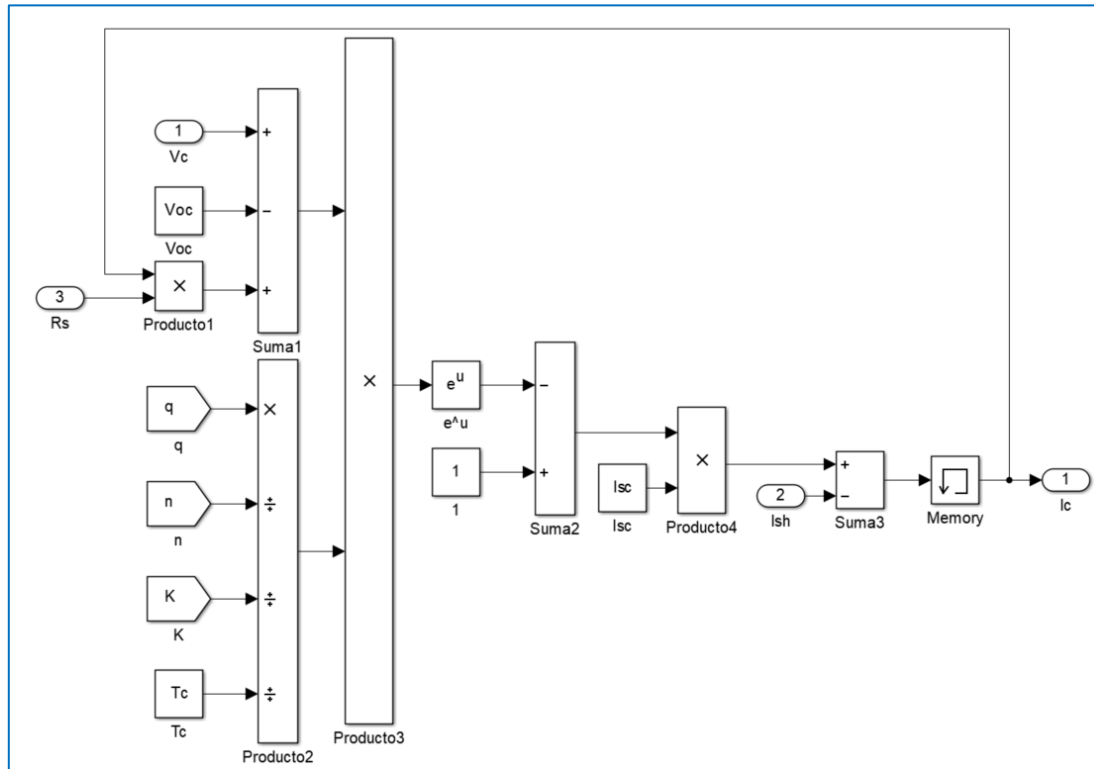
### 2.2.2.8. FACTOR DE FORMA IDEAL (FF0)



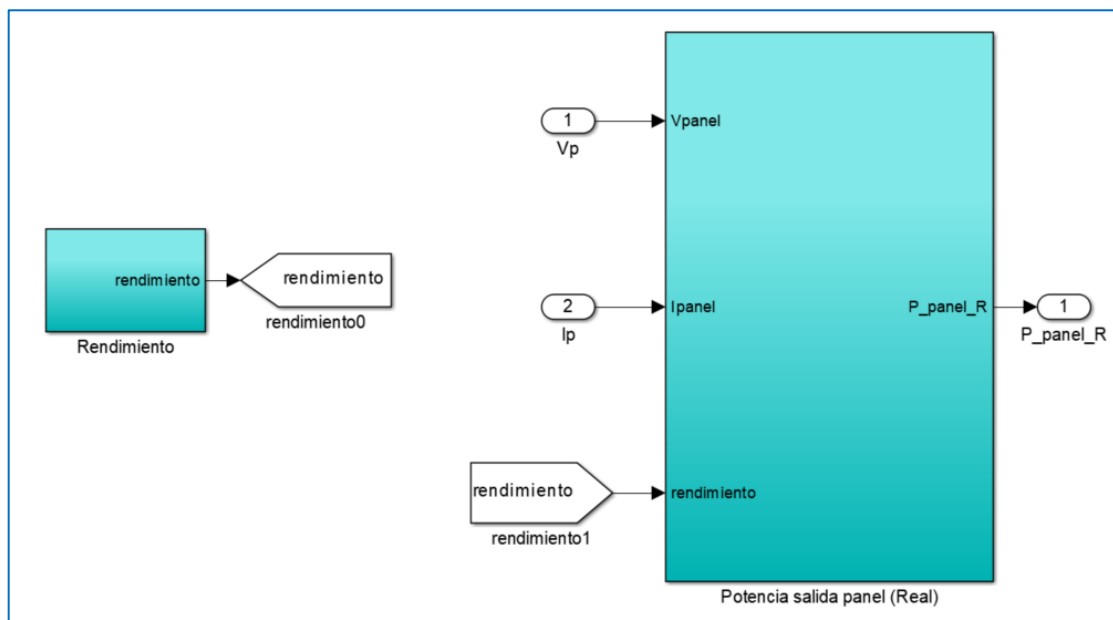
### 2.2.2.9. FACTOR DE FORMA (FF)



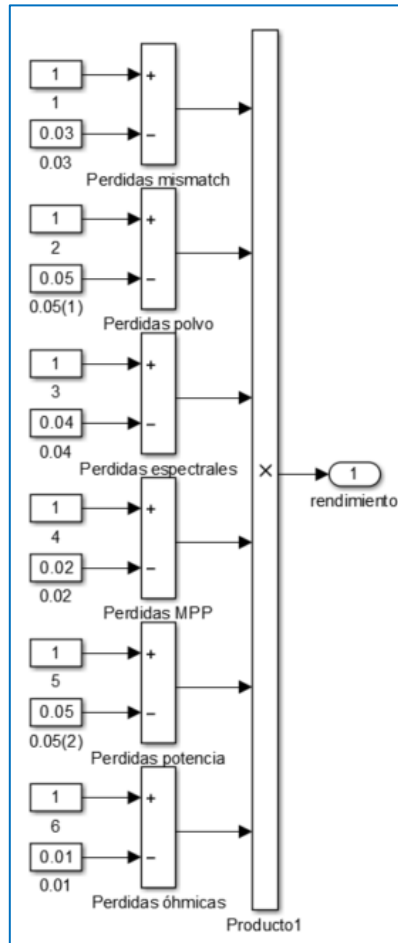
### 2.2.2.10. CORRIENTE DE SALIDA



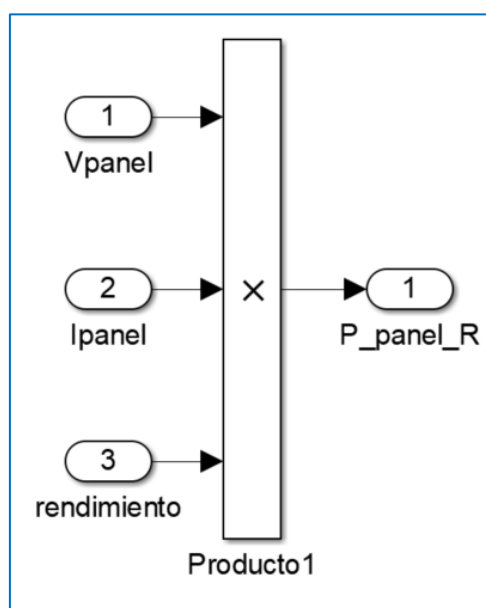
### 2.2.2.11. POTENCIA REAL



### 2.2.2.12. RENDIMIENTO



### 2.2.2.13. POTENCIA SALIDA PANEL (REAL)







## 2.3. SIMULACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

### 2.3.1. CÓDIGO DE MATLAB

#### 2.3.1.1. SCRIPT PRINCIPAL *EjecucionInstalacion.m*

```

%% -----
-- %%
%
%          TRABAJO FIN DE GRADO
%
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%          AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
%          TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%          GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
%          ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%          CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%% -----
-- %%
% PROGRAMA PRINCIPAL: EjecucionInstalacion: Programa principal.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
%Se va al directorio donde esta el proyecto. (Medida de seguridad).
cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Instalacion');
%Delay de 1 segundo.
pause(1);
%Se parametriza el tipo de panel empleado en la instalación.
[V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC,TONC,delta,Rsh]=Parametros();
%Se cargan los parametros en condiciones estandar en la estructura
panel.
[panel]=cargaParamPanel(V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC);
%Se invoca a la función EligePanel para seleccionar Ns y Np.
[Ns,Np]=EligePanel;
%Se invoca a la función EligeInstal para seleccionar Nps y Npp.
[Nps,Npp]=EligeInstal;
%Se invoca a la funcion menu para seleccionar unidad temporal a leer.
[Fich,eleccion]=Menu_Tiempo;
%Se invoca a la función que nos permite elegir el fichero a leer.
[Fichero]=seleccionFichero(Fich);
%Se incova a la funcion Menu_Tramo_Tiempo para seleccionar tramo
temporal.

```

```
[Mes_I,Dia_I,Mes_F,Dia_F]=Menu_Tramo_Tiempo;
%Se invoca a la funcion Rango para procesar datos seleccionados.
[Irr,Temp,tam]=Rango(Fich,Mes_I,Dia_I,Mes_F,Dia_F,Fichero);
%-----
%SE EJECUTA LA SIMULACIÓN PARA LOS DATOS SELECCIONADOS.
%-----
%Se busca inicialmente el modelo de Simulink que se quiere ejecutar.
find_system('Name','SimulacionInstalacion');
%Se reserva memoria para los vectores y matrices.
PotAprox_T=zeros(tam+1,1);
PotSim_T=zeros(tam+1,1);
PotSim_R=zeros(tam+1,1);
Pot_Panel=zeros(101,1);
Pmax_T=zeros(101,1);
Pmax_R=zeros(101,1);
%Se recorren las filas del Excel que se quieren leer según la
elección.
for i=1:tam
    %Se carga en el modelo de Simulink, los valores G y Ta leídos.
    G=Irr(i);
    Ta=Temp(i);
    %Si la irradiancia es superior a 0 entra en funcionamiento el
    sistema.
    if(G~=0)
        %Se calcula la temperatura de célula.
        Tc=(Ta+273)+((TONC-20)/800)*G;
        %Se calculan los parametros del panel a nivel de panel.
        (Wagner)
        panel_gt=car_panel(G,Tc,panel);
        %Se declaran los parametros para introducirlos en Simulink.
        [Isc,Voc,Vmp,Imp]=cargaParamSimulink(panel_gt);
        %Se ejecuta el modelo de simulink para cada par de entradas.
        sim('SimulacionInstalacion');
        %Algoritmo para obtener el punto de máxima potencia. Funcion
        MMP
        [lim]=MMP(Pot_Panel);
    else
        %Cuando no hay irradiancia, la potencia generada es 0.
        lim=1;
    end
    %Se invoca a la función creaVect para almacenar datos de potencia.
    [PotAprox_T(i,:),PotSim_R(i,:),PotSim_T(i,:)]=creaVect(G,Pmax_T(1),Pma
    x_R(lim),Pot_Panel(lim));
    %Se sacan las variables de interés por pantalla. Funcion
    muestraPot.
    muestraPot(i,G,Ta,PotAprox_T(i),PotSim_T(i),PotSim_R(i));
end
%Se guarda el modelo de Simulink.
save_system('SimulacionInstalacion');
pause(0.5);
%Se invoca a la función imprimeGraficas.
imprimeGraficas(eleccion,Irr,Temp,PotAprox_T,PotSim_R,PotSim_T);

%% -----
-- %%
```



**Universidad de Valladolid**

**Universidad de Valladolid**

end

Government	Percentage
Current government	90%
Previous government	10%

### 2.3.1.3. FUNCIÓN *cargaParamPanel.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: cargaParamPanel: Función para cargar parametros en la
struct. %
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [panel] = cargaParamPanel(V_Max,I_Max,Voc_STC,Isc_STC,G_STC)
%Se forma la estructura panel.
panel.Isc=Isc_STC;
panel.Vmp=V_Max;
panel.Imp=I_Max;
panel.Voc=Voc_STC;
panel.GT=G_STC;
panel.Tc=25;
end
%% -----
-- %%
```

#### 2.3.1.4. FUNCIÓN *EligePanel.m*

ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ



```
TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA

%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: EligePanel: Función para elegir el número de células del
panel.%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [Ns,Np] = EligePanel()
%El usuario introduce las dimensiones del panel fotovoltaico.
fprintf(1,'|-----|\n');
fprintf(1,'|   INTRODUZCA EL NÚMERO DE CÉLULAS DEL PANEL.   |\n');
fprintf(1,'|-----|\n');
prompt1='    Ns (Células serie): ';
prompt2='    Np (Células paralelo): ';
%Se detectan las opciones tecleadas y se pasa a double.
Ns=input(prompt1,'s');
Np=input(prompt2,'s');
Ns=str2double(Ns);
Np=str2double(Np);
fprintf(1,'|-----|\n\n');
end
%
% -----
-- %%
```

#### 2.3.1.5. FUNCIÓN *EligeInstal.m*

ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ

TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA

GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

```
%
%                                CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: EligeInstal: Función para elegir el número de paneles.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [Nps,Npp] = EligeInstal()
%El usuario introduce las dimensiones del panel fotovoltaico.
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '| INTRODUCZA EL N° DE PANELES DE LA INSTALACIÓN |\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
prompt1='    Nps (Paneles serie): ';
prompt2='    Npp (Paneles paralelo): ';
%Se detectan las opciones tecleadas y se pasa a double.
Nps=input(prompt1,'s');
Npp=input(prompt2,'s');
Nps=str2double(Nps);
Npp=str2double(Npp);
fprintf(1, '|-----|\n\n');
end

%% -----
-- %%
```

### 2.3.1.6. FUNCIÓN *Menu\_Tiempo.m*

```
%
%
%
%
%                                ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%                                AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
%
%                                TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
%
%                                GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
%                                ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
%
%                                CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: Menu_Tiempo: Función para seleccionar el periodo a simular.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
```



```
function [Fich,eleccion] = Menu_Tiempo()
%Se pregunta si se quiere leer hora a hora o minuto a minuto.
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '|           ¿HORA A HORA O MINUTO A MINUTO?           |\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
prompt='    INTRODUCZA "HORA" O "MINUTO": ';
eleccion=input(prompt,'s');
Hora=strcmp('HORA',eleccion);
Minuto=strcmp('MINUTO',eleccion);
fprintf(1, '|-----|\n\n');
%Dependiendo de la eleccion se especifica un rango a leer del fichero.
if Hora==1 %8760 datos
    Fich='HORA';
elseif Minuto==1 %525600 datos
    Fich='MINUTO';
end
end

%% -----
-- %%
```

### 2.3.1.7. FUNCIÓN *seleccionFichero.m*

```
%      ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
%      AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
%      TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
%      GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
%      ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
%      CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: seleccionFichero: Función para seleccionar el fichero de
datos.%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%

function [Fichero] = seleccionFichero(Fich)
%Se interactua con el usuario para que seleccione el fichero de datos.
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '|           ¿QUE FICHERO DESEA LEER?           |\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '|           SELECCIONA EL FICHERO DESEADO A LEER.           |\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
```

```
fprintf(1, '| \n');
fprintf(1, '|-----| \n \n');
%Delay para leer el mensaje
pause(2);
%Se diferencia si se ha elegido hora a hora o minuto a minuto.
%HORA
if(strcmp('HORA',Fich))
    %Se va al directorio donde estan los ficheros de Hora.
    cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Instalacion\Ficheros Hora');
    %Se carga en la variable Fichero el nombre del fichero a
seleccionar.
    [Fichero]=uigetfile('*.mat','C:\Users\usuario\Documents\vFinal
Insatlacion\Ficheros Hora');
    %Una vez cargado el fichero volvemos al directorio del programa.
    cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Instalacion');
%MINUTO
elseif(strcmp('MINUTO',Fich))
    %Se va al directorio donde estan los ficheros de Minutos.
    cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Instalacion\Ficheros
Minuto');
    %Se carga en la variable fichero el nombre del Fichero a
seleccionar.
    [Fichero]=uigetfile('*.mat','C:\Users\usuario\Documents\vFinal
Instalacion\Ficheros Minuto');
    %Una vez cargado el fichero volvemos al directorio del programa.
    cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Instalacion');
end
end

%% -----
-- %%
```

#### 2.3.1.8. FUNCIÓN *Menu\_Tramo\_Tiempo.m*

-----

%%  
-- %%  
%  
% TRABAJO FIN DE GRADO  
%  
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA  
%  
%  
%  
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ  
%  
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA  
%  
%  
%  
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA  
%  
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
%  
%  
%





```
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: Menu_Tramo_Tiempo: Funcion para seleccionar tramo a
simular. %
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%

function [Mes_I,Dia_I,Mes_F,Dia_F] = Menu_Tramo_Tiempo()
%Introducir fecha de inicio y fecha de final de simulacion.
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '|      ;;;SI SE HA ELEGIDO MINUTO A MINUTO!!!      |\n');
fprintf(1, '|      (Elegir una simulación de solamente un día)   |\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '|---INTRODUZCA FECHA DE INICIO DE SIMULACIÓN---|\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
prompt1='    MES INICIAL: ';
prompt2='    DIA INICIAL: ';
%Se detectan las opciones tecleadas y se pasa a double.
Mes_I=input(prompt1,'s');
Dia_I=input(prompt2,'s');
Mes_I=str2double(Mes_I);
Dia_I=str2double(Dia_I);
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '|----INTRODUZCA FECHA DE FIN DE SIMULACIÓN----|\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
prompt3='    MES FINAL: ';
prompt4='    DIA FINAL: ';
%Se detectan las opciones tecleadas y se pasa a double.
Mes_F=input(prompt3,'s');
Dia_F=input(prompt4,'s');
Mes_F=str2double(Mes_F);
Dia_F=str2double(Dia_F);
fprintf(1, '|-----|\n\n');

end

%% -----
-- %%
```

### 2.3.1.9. FUNCIÓN *Rango.m*

```
%% -----
-- %%
%
% TRABAJO FIN DE GRADO
%
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
```

```
%
%
%      GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
%      ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
%
%      CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: Rango: Fijamos el rango a leer del fichero según la
seleccion. %
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [Irr,Temp,tam]=Rango(Fich,Mes_I,Dia_I,Mes_F,Dia_F,Fichero)
%Consideraciones especiales para el calculo.
[Dias_Meses_A_I,Dias_Meses_A_F]=ConsideracionesEspeciales(Mes_I,Mes_F)
;
%Se calcula en minutos u horas el rango introducido.
if(strcmp('HORA',Fich))
    %Se calcula la hora inicial y final a leer.
    Data_I=24*(Dias_Meses_A_I+Dia_I)-24+1;
    if(Dias_Meses_A_F+Dia_F==365)
        Data_F=24*(Dias_Meses_A_F+Dia_F);
    else
        Data_F=24*(Dias_Meses_A_F+Dia_F)-24+1;
    end
elseif(strcmp('MINUTO',Fich))
    %Se calcula el minuto inicial y final a leer.
    Data_I=60*24*(Dias_Meses_A_I+Dia_I)-60*24+1;
    if(Dias_Meses_A_F+Dia_F==365)
        Data_F=60*24*(Dias_Meses_A_F+Dia_F);
    else
        Data_F=60*24*(Dias_Meses_A_F+Dia_F)-60*24+1;
    end
end
%Se calcula la columna a leer de irradiancias y temperaturas del
fichero.
if(strcmp('HORA',Fich))
    P1=5;
    T1=10;
    %Se va al directorio donde estan los ficheros de Hora.
    cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Instalacion\Ficheros Hora');
elseif(strcmp('MINUTO',Fich))
    P1=6;
    T1=14;
    %Se va al directorio donde estan los ficheros de Minuto.
    cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Instalacion\Ficheros
Minuto');
end
%Mismo número de datos de temperatura e irradiancia a leer.
tam=Data_F-Data_I;
%Se carga en matlab el fichero de datos .mat elegido (d).
load(Fichero);
%Una vez cargado el fichero volvemos al directorio del programa.
```



```
cd('C:\Users\usuario\Documents\vFinal Instalacion');
%Se reserva memoria para las irradiancias y temperaturas a leer.
Irr=zeros(tam+1,1);
Temp=zeros(tam+1,1);
%Se forma un bucle for desde el dato inicial al final.
k=0;
for j=Data_I:Data_F
    k=k+1;
    %d(Fila,columna)
    Irr(k,:)=d(j,P1);
    Temp(k,:)=d(j,T1);
end
%Mismo número de datos de temperatura e irradiancia a leer.
tam=Data_F-Data_I;
end
```

```
%% -----
-- %%
```

### 2.3.1.10. FUNCIÓN *ConsideracionesEspeciales.m*

```
%% -----
-- %%
%
% TRABAJO FIN DE GRADO
%
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% SUB-FUNCIÓN: ConsideracionesEspeciales: Función para ajustar rangos.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function
[Dias_Meses_A_I,Dias_Meses_A_F]=ConsideracionesEspeciales(Mes_I,Mes_F)
%Consideraciones para meses iniciales.
if(Mes_I==1)
    Dias_Meses_A_I=0;
```

```
elseif (Mes_I==2)
    Dias_Meses_A_I=31;
elseif (Mes_I==3)
    Dias_Meses_A_I=59;
elseif (Mes_I==4)
    Dias_Meses_A_I=90;
elseif (Mes_I==5)
    Dias_Meses_A_I=120;
elseif (Mes_I==6)
    Dias_Meses_A_I=151;
elseif (Mes_I==7)
    Dias_Meses_A_I=181;
elseif (Mes_I==8)
    Dias_Meses_A_I=212;
elseif (Mes_I==9)
    Dias_Meses_A_I=243;
elseif (Mes_I==10)
    Dias_Meses_A_I=273;
elseif (Mes_I==11)
    Dias_Meses_A_I=304;
elseif (Mes_I==12)
    Dias_Meses_A_I=334;
end
%Consideraciones para meses finales.
if (Mes_F==1)
    Dias_Meses_A_F=0;
elseif (Mes_F==2)
    Dias_Meses_A_F=31;
elseif (Mes_F==3)
    Dias_Meses_A_F=59;
elseif (Mes_F==4)
    Dias_Meses_A_F=90;
elseif (Mes_F==5)
    Dias_Meses_A_F=120;
elseif (Mes_F==6)
    Dias_Meses_A_F=151;
elseif (Mes_F==7)
    Dias_Meses_A_F=181;
elseif (Mes_F==8)
    Dias_Meses_A_F=212;
elseif (Mes_F==9)
    Dias_Meses_A_F=243;
elseif (Mes_F==10)
    Dias_Meses_A_F=273;
elseif (Mes_F==11)
    Dias_Meses_A_F=304;
elseif (Mes_F==12)
    Dias_Meses_A_F=334;
end

end

%% -----
-- %%
```



### 2.3.1.11. FUNCIÓN *car\_panel.m*

```
% -----  
-- %%  
%  
% TRABAJO FIN DE GRADO  
%  
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA  
%  
%  
%  
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ  
%  
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA  
%  
%  
%  
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA  
%  
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
%  
%  
%  
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019  
%  
% -----  
-- %%  
% FUNCION: car_panel: Determina los valores característicos de un  
panel %  
% según el modelo de Wagner.  
%  
% -----  
-- %%  
% -----  
-- %%  
% ARGUMENTOS DE ENTRADA:  
% GT: Irradiación global que recibe el módulo (W/m2)  
% Tc: Temperatura de la célula (°C)  
% panel: Estructura con los valores característicos del panel en  
CONDICIONES ESTÁNDAR.  
% panel.Isc: Corriente de cortocircuito (A)  
% panel.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)  
% panel.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)  
% panel.Voc: Tensión de circuito abierto (V)  
% panel.GT: 1000 - Irradiancia estándar (W/m2)  
% panel.Tc: 25 - Temperatura estándar (°C)  
% -----  
-- %%  
% SALIDA:  
% panel_gt: Estructura con las características para CONDICIONES GT y  
Tc.  
% panel_gt.Isc: Corriente de cortocircuito (A)  
% panel_gt.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)  
% panel_gt.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)  
% panel_gt.Voc: Tensión de circuito abierto (V)  
% panel_gt.GT: Irradiancia global (W/m2)  
% panel_gt.Tc: Temperatura de célula (°C)  
% -----  
-- %%
```

```
function panel_gt=car_panel(GT, Tc, panel)
% _____ CONSTANTES _____
GT_REF = 1000;          % W/m2
Tc_REF = 25;           % °C
up = -0.0044;          % Coeficiente de potencia de la célula ( /°C)
Tc = Tc-273;           % Debido a que yo trabajo en K.
% _____ CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PANEL EN CONDICIONES GT y Tc _____
if GT<0.2                % De noche: Irradiancia cero
    panel_gt.GT = GT;
    panel_gt.Tc = Tc;
    panel_gt.Isc = 0;
    panel_gt.Imp = 0;
    panel_gt.Vmp = 0;
    panel_gt.Voc = 0;

else
    % Llamada a la función "parW_panel" con entrada estandar (panel).
    % Determina los parámetros de Wagner en condiciones estándar.
    % Devuelve 'parWag_st'.
    parWag_st=parW_panel(panel);
    panel_gt.GT = GT;
    panel_gt.Tc = Tc;
    panel_gt.Isc = panel.Isc * GT/GT_REF;
    panel_gt.Imp = panel.Imp * GT/GT_REF;
    sum1 = panel.Vmp / (1 + up*(Tc_REF - Tc));
    sum2 = parWag_st.vT * Tc * log(GT/GT_REF) / Tc_REF;
    sum3 = panel.Imp * parWag_st.RPV * (GT/GT_REF - 1);
    panel_gt.Vmp = sum1 + sum2 - sum3;
    % El modelo hace cosas raras para Irradiancias pequeñas y Ta altas.
    if panel_gt.Vmp<0;
        panel_gt.Vmp=0;
    end;
    panel_gt.Voc = panel.Voc * panel_gt.Vmp / panel.Vmp;
end

%% -----
-- %%
```

### 2.3.1.12. FUNCIÓN *parW\_panel.m*

```
%% -----
-- %%
%
% TRABAJO FIN DE GRADO
%
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
```



```
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCION: parW_panel: Subrutina que determina los parámetros del
modelo %
% de Wagner del panel.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
% ARGUMENTOS DE ENTRADA:
% panel: Estructura de características de un panel fotovoltaico.
% panel.Isc: Corriente de cortocircuito (A)
% panel.Imp: Corriente del punto de máxima potencia (A)
% panel.Vmp: Tensión del punto de máxima potencia (V)
% panel.Voc: Tensión de circuito abierto (V)
% panel.GT: Irradiancia a la que se obtuvieron las características
(W/m2)
% panel.Tc: Temperatura de célula (°C)
%% -----
-- %%
% SALIDA:
% panel_parW: Estructura con los parámetros de Wagner del panel.
% panel_parW.GT: Irradiancia STC.(W/m2)
% panel_parW.Tc: Temperatura STC.(°C)
% panel_parW.RPV: RPV
% panel_parW.vT: vT
% panel_parW.I0: I0
% panel_parW.IL: IL
%% -----
-- %%
function panel_parW=parW_panel(panel)
% ----- CONSTANTES -----
k = [-5.411, 6.450, 3.417, -4.422];
% ----- CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE WAGNER DEL PANEL -----
sum1 = k(1)*panel.Imp*panel.Vmp/(panel.Isc*panel.Voc);
sum2 = k(2)*panel.Vmp/panel.Voc;
sum3 = k(3)*panel.Imp/panel.Isc;
Moc = (panel.Voc/panel.Isc)*(sum1 + sum2 + sum3 + k(4));

panel_parW.RPV = -Moc * (panel.Isc/panel.Imp) +
(panel.Vmp/panel.Imp)*(1 - panel.Isc/panel.Imp);
panel_parW.vT = -(Moc + panel_parW.RPV) * panel.Isc;
panel_parW.I0 = panel.Isc * exp(-panel.Voc/panel_parW.vT);
panel_parW.IL = panel.Isc;
panel_parW.GT = panel.GT;
panel_parW.Tc = panel.Tc;
end
```

Response	Percentage
Doing a good job	75%
Not doing a good job	25%

### 2.3.1.13. FUNCIÓN *cargaParamSimulink.m*

[illegible]

#### 2.3.1.14. FUNCIÓN *MMP.m*

ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ

TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA





```
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: MMP: Algoritmo programado para obtener la máxima potencia.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function [lim]=MMP(Pot_Panel)
lim=1;
for k=1:length(Pot_Panel)
    if(Pot_Panel(k)<Pot_Panel(k+1))
        %lim será el índice de Pot_Panel en el que esté la Pmax (sim).
        lim=lim+1;
    elseif(Pot_Panel(k)>Pot_Panel(k+1))
        break;
    end
end
end
%% -----
-- %%
```

### 2.3.1.15. FUNCIÓN *creaVect.m*

```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: creaVect: Función para formar los vectores con las
potencias. %
```

```

%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function
[PotAprox_T,PotSim_R,PotSim_T]=creaVect(G,Pmax_T,Pmax_R,Pot_Panel)
if (G~=0)
    %Se guarda en otros vectores la potencia teórica y la real.
    PotAprox_T=Pmax_T;
    PotSim_R=Pmax_R;
    %Obtención Punto de máxima potencia de la gráfica a nivel de
panel.
    PotSim_T=Pot_Panel;
else
    %Se guarda en otros vectores la potencia teórica y la real.
    PotAprox_T=0;
    PotSim_R=0;
    %Obtención Punto de máxima potencia de la gráfica a nivel de
panel.
    PotSim_T=0;
end
end

%% -----
-- %%

```

### 2.3.1.16. FUNCIÓN *muestraPot.m*

```

% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: muestraPot: Función para sacar por pantalla los resultados.
%
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function []=muestraPot(i,G,Ta,PotAprox_T,PotSim_T,PotSim_R)

```



```
%Se conforman los mensajes obtenidos por pantalla.
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf(1, '|          RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.          |\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf('    ---> G(%d)   es: %.2f', i, G);
fprintf('\n');
fprintf('    ---> Ta(%d) es: %.2f', i, Ta);
fprintf('\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf('    La Pmax Ideal (Aprox) [W] es: %.2f', PotAprox_T);
fprintf('\n');
fprintf('    La Pmax Ideal (Sim)   [W] es: %.2f', PotSim_T);
fprintf('\n');
fprintf(1, '|-----|\n');
fprintf('    La Pmax Real (Sim)      [W] es: %.2f', PotSim_R);
fprintf('\n');
fprintf(1, '|-----|\n\n');
```

end

```
%% -----
-- %%
```

### 2.3.1.17. FUNCIÓN *imprimeGraficas.m*

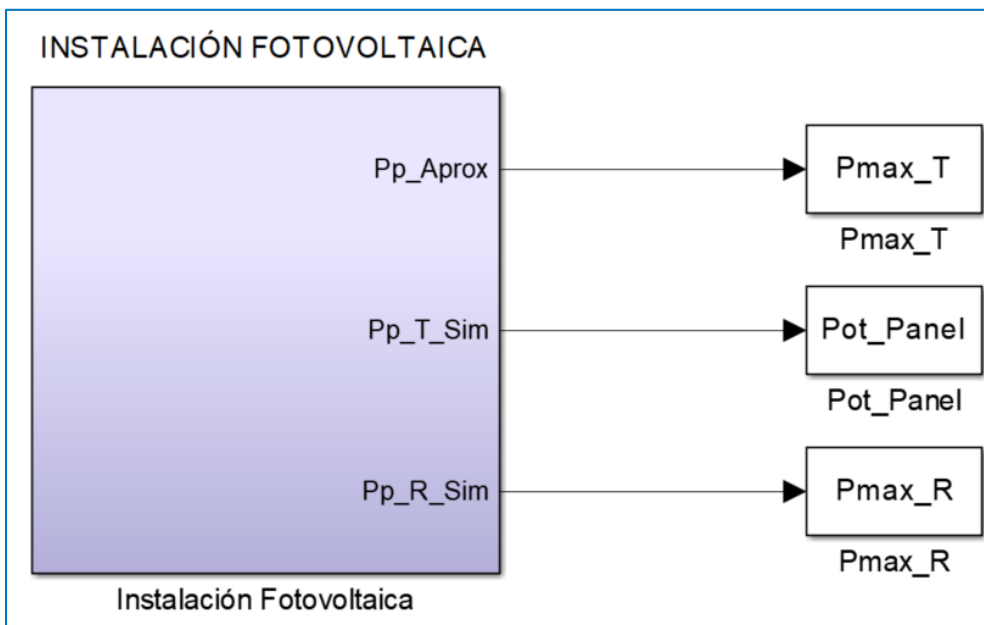
```
% ESTUDIO DE LAS CÉLULAS Y PANELES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
%
%
%
%
% AUTOR: SERGIO MARTÍN ÁLVAREZ
%
% TUTOR: JOSÉ JULIO BUEY CUESTA
%
%
%
% GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
%
% ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
%
%
%
% CURSO ACÁDEMICO 2018-2019
%
%% -----
-- %%
% FUNCIÓN: imprimeGraficas: Función para dibujar graficas de
seguimiento. %
%% -----
-- %%
%% -----
-- %%
function
[]=imprimeGraficas(eleccion,Irr,T,PotAprox_T,PotSim_R,PotSim_T)
fprintf(1, '\n\n');
%Se imprime inicialmente las irradiancias a lo largo del tramo
simulado.
```

```
figure,plot(Irr,'-r');
title('SEGUIMIENTO DE LA IRRADIANCIA');
if(strcmp('HORA',eleccion))
    xlabel('Tiempo [HORAS]');
elseif(strcmp('MINUTO',eleccion))
    xlabel('Tiempo [MINUTOS]');
end
ylabel('Irradiancia [W/m2]');
%Se imprime inicialmente las temperaturas a lo largo del tramo
simulado.
figure,plot(T,'-m');
title('SEGUIMIENTO DE LA TEMPERATURA');
if(strcmp('HORA',eleccion))
    xlabel('Tiempo [HORAS]');
elseif(strcmp('MINUTO',eleccion))
    xlabel('Tiempo [MINUTOS]');
end
ylabel('Temperatura [°C]');
%Se imprime inicialmente las Potencias Aprox a lo largo del tramo
simulado.
figure,plot(PotAprox_T,'-b');
title('SEGUIMIENTO DE LA POTENCIA IDEAL APROXIMADA');
if(strcmp('HORA',eleccion))
    xlabel('Tiempo [HORAS]');
elseif(strcmp('MINUTO',eleccion))
    xlabel('Tiempo [MINUTOS]');
end
ylabel('Potencia Aprox [W]');
%Se imprime inicialmente las Potencias T. a lo largo del tramo
simulado.
figure,plot(PotSim_T,'-g');
title('SEGUIMIENTO DE LA POTENCIA IDEAL SIMULADA');
if(strcmp('HORA',eleccion))
    xlabel('Tiempo [HORAS]');
elseif(strcmp('MINUTO',eleccion))
    xlabel('Tiempo [MINUTOS]');
end
ylabel('Potencia Teorica [W]');
%Se imprime inicialmente las Potencias T. a lo largo del tramo
simulado.
figure,plot(PotSim_R,'-k');
title('SEGUIMIENTO DE LA POTENCIA REAL SIMULADA');
if(strcmp('HORA',eleccion))
    xlabel('Tiempo [HORAS]');
elseif(strcmp('MINUTO',eleccion))
    xlabel('Tiempo [MINUTOS]');
end
ylabel('Potencia Real [W]');
end

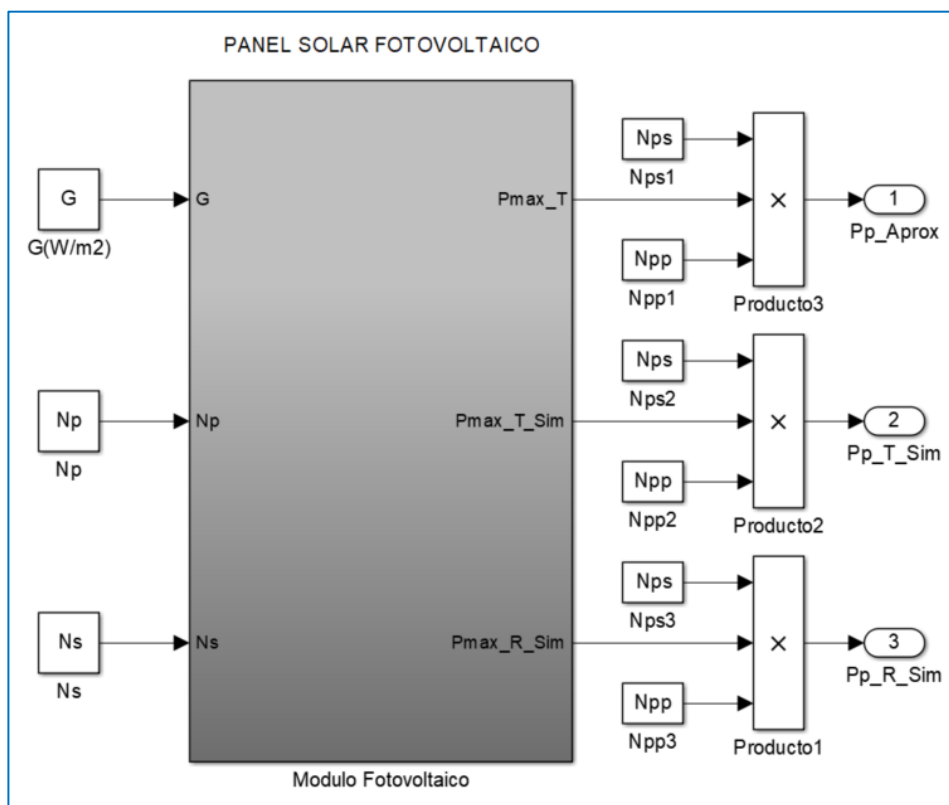
%% -----
-- %%
```

## 2.3.2. MODELO DE SIMULINK *SimulacionInstalacion.slx*

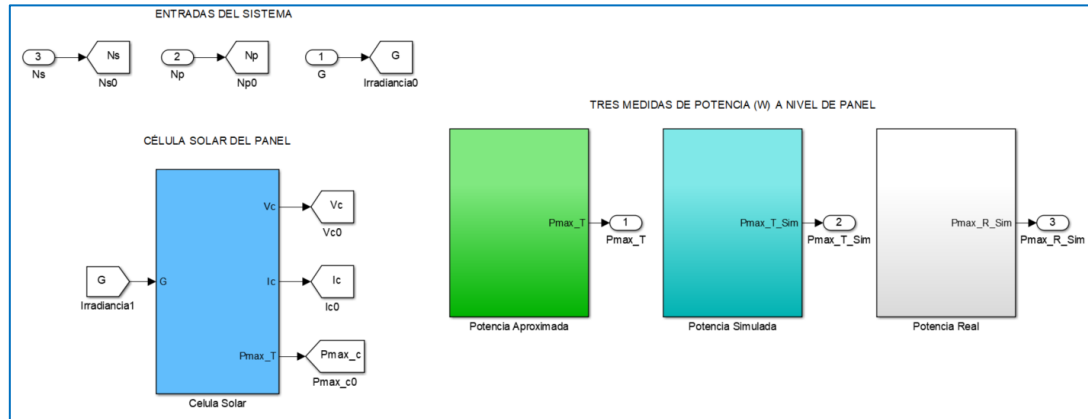
### 2.3.2.1. SimulacionInstalacion



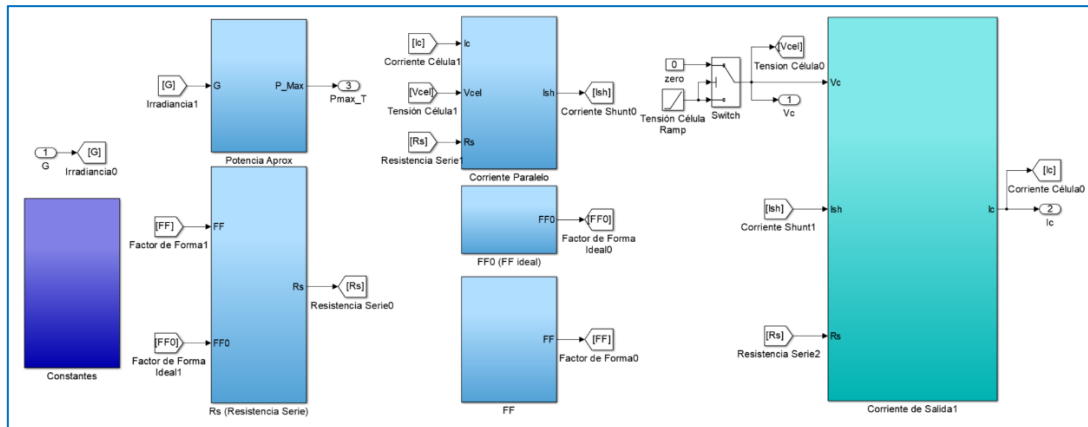
### 2.3.2.2. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA



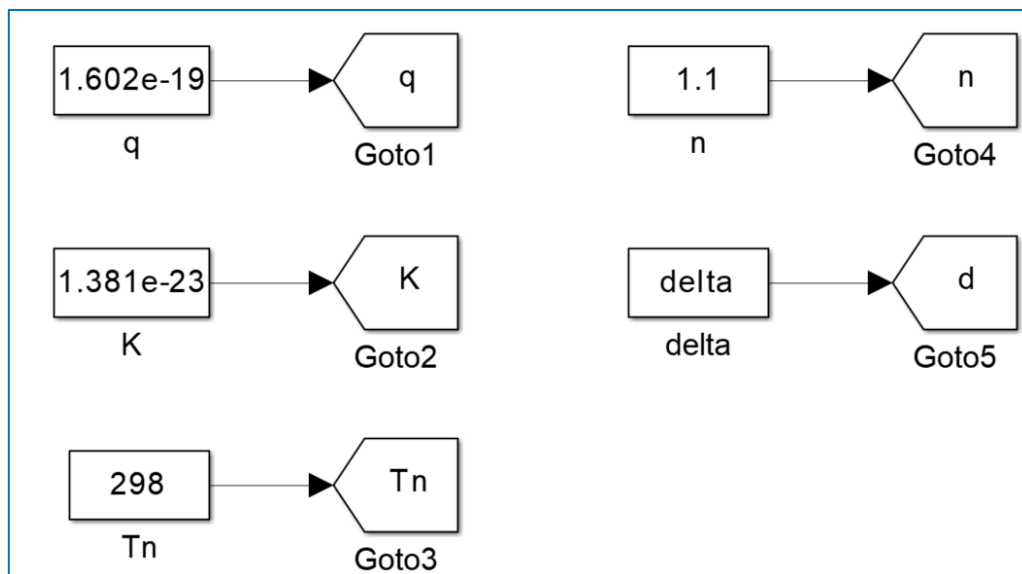
### 2.3.2.3. MODULO FOTOVOLTAICO



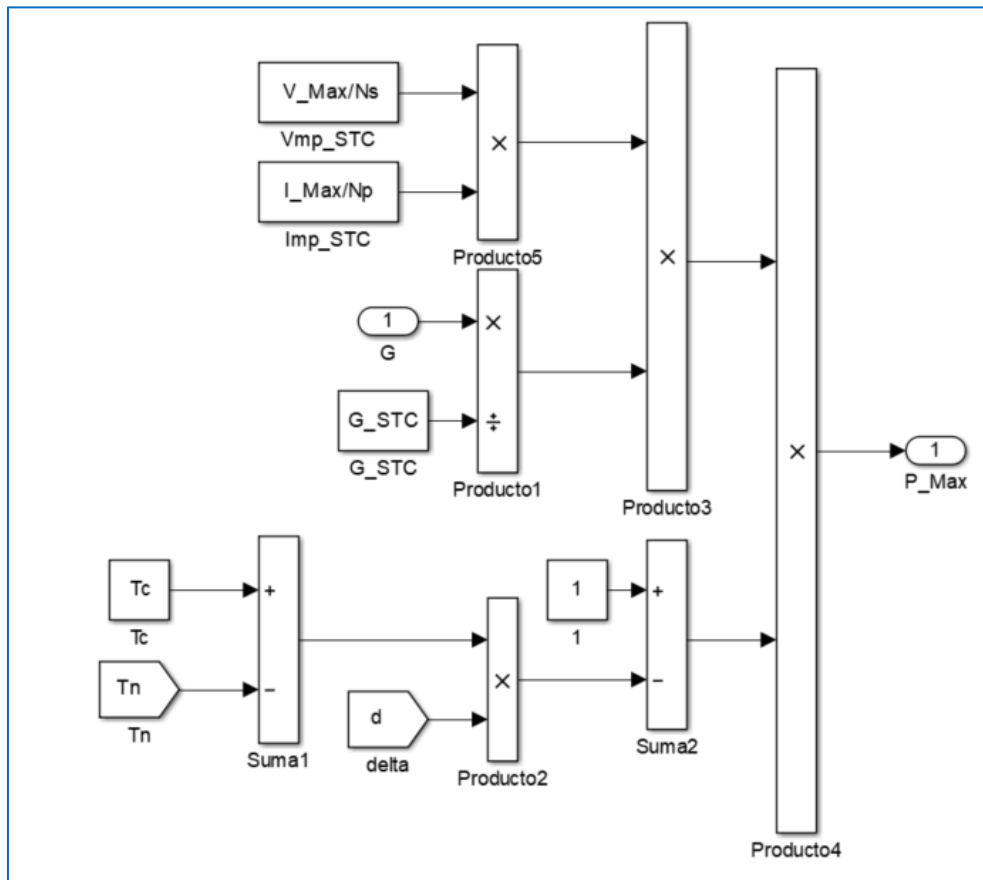
#### 2.3.2.4. CELULA SOLAR



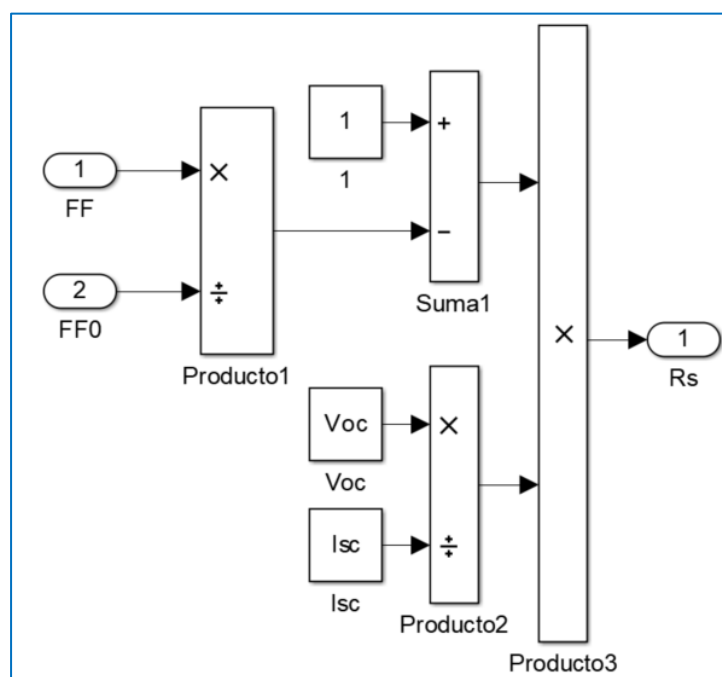
### 2.3.2.5. CONSTANTES



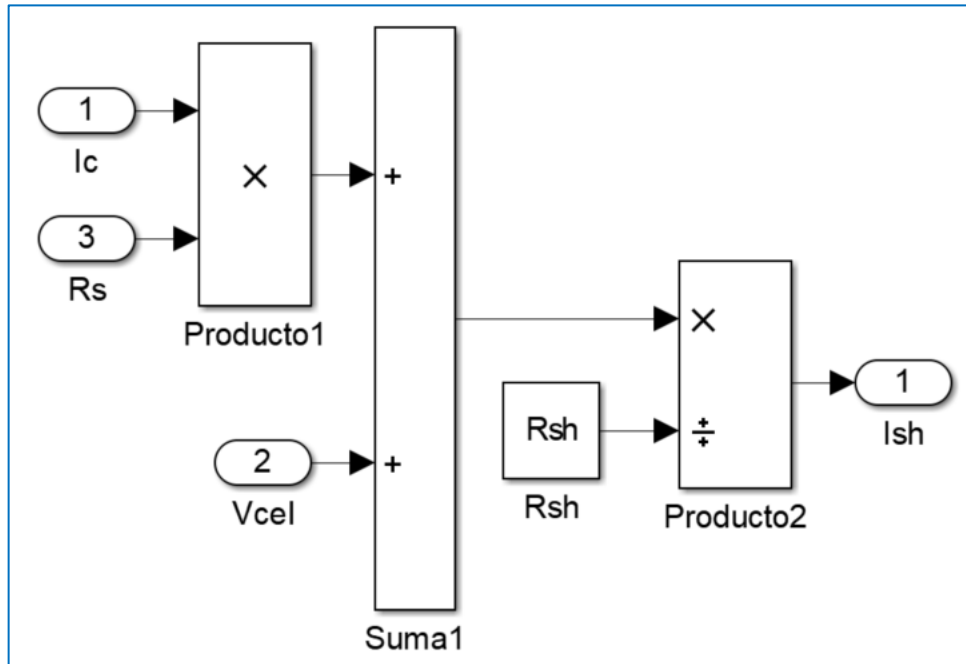
### 2.3.2.6. POTENCIA APROX



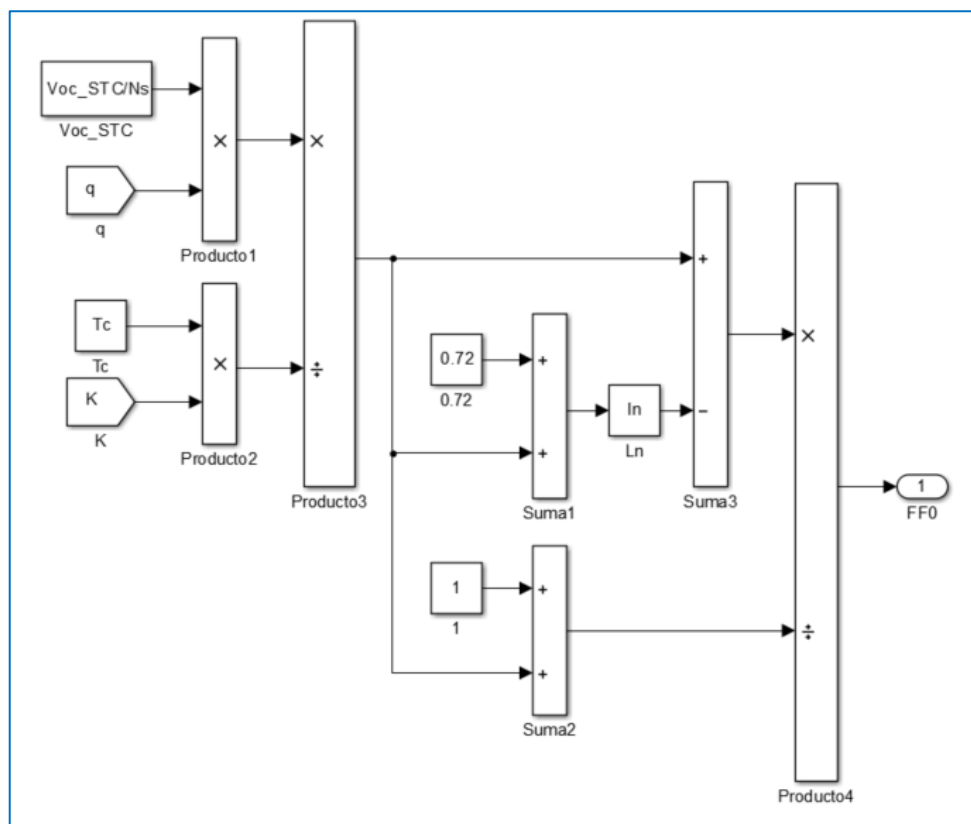
### 2.3.2.7. RESISTENCIA SERIE (RS)



### 2.3.2.8. CORRIENTE PARALELO

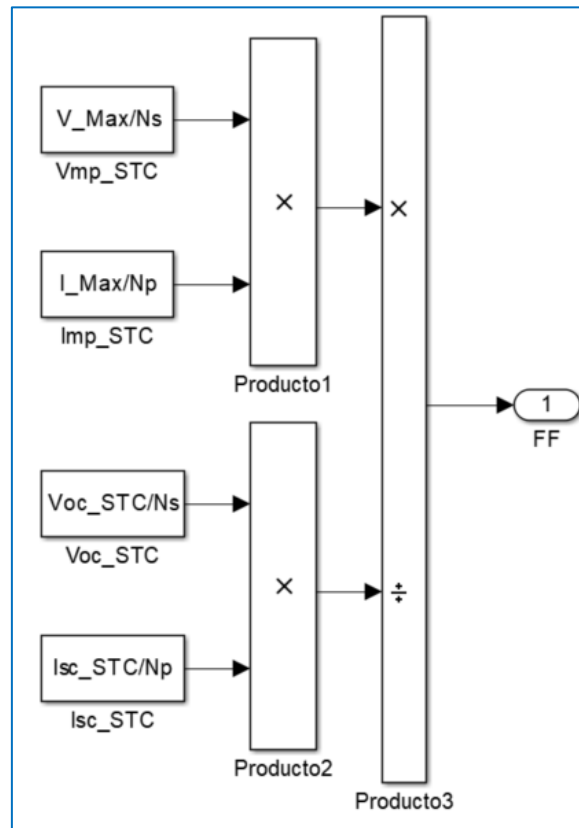


### 2.3.2.9. FACTOR DE FORMA IDEAL (FF0)

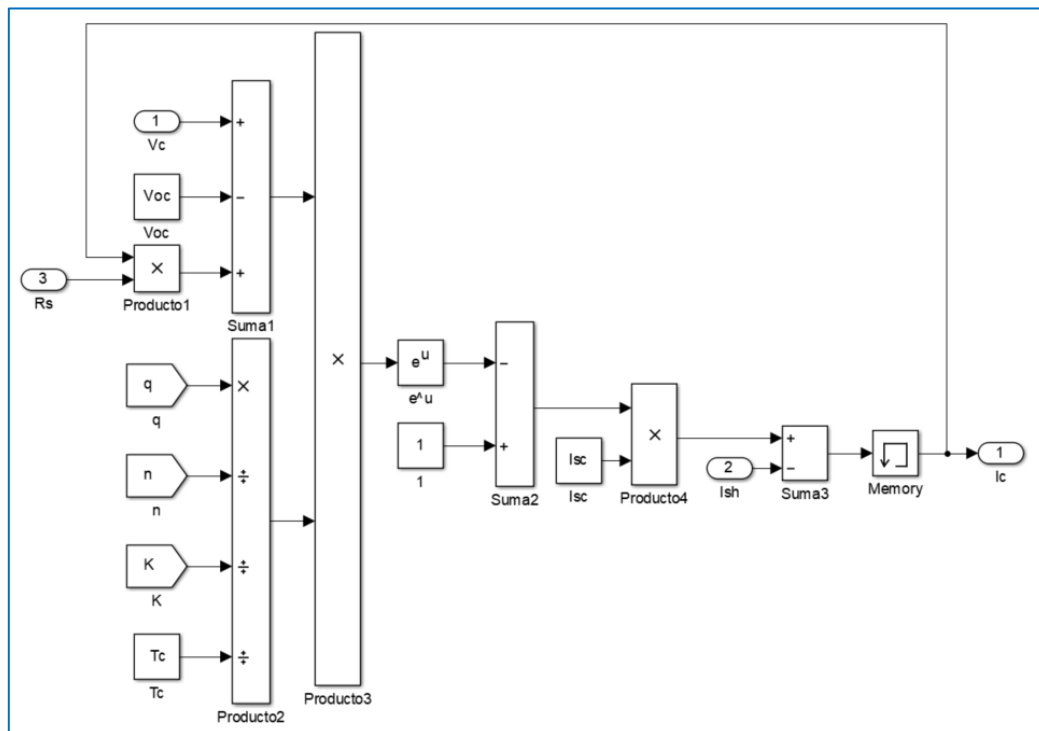




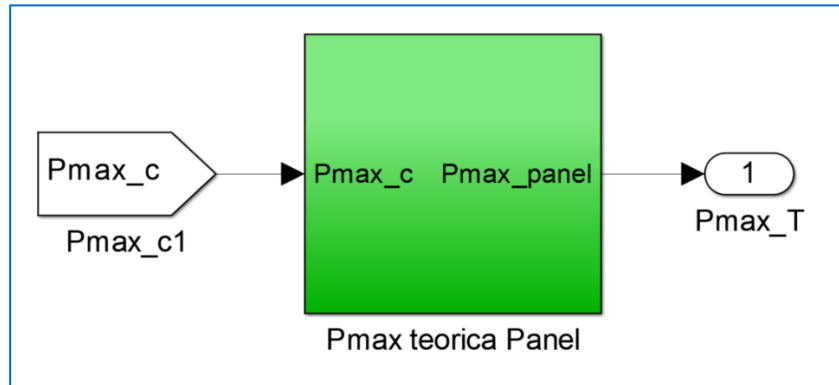
### 2.3.2.10. FACTOR DE FORMA (FF)



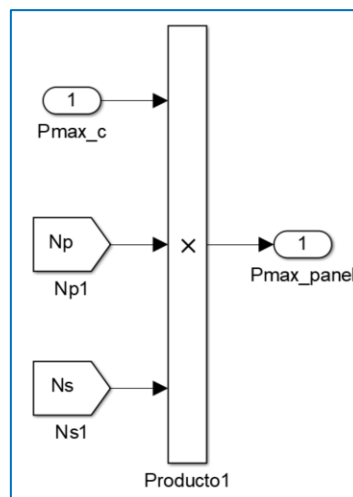
### 2.3.2.11. CORRIENTE DE SALIDA



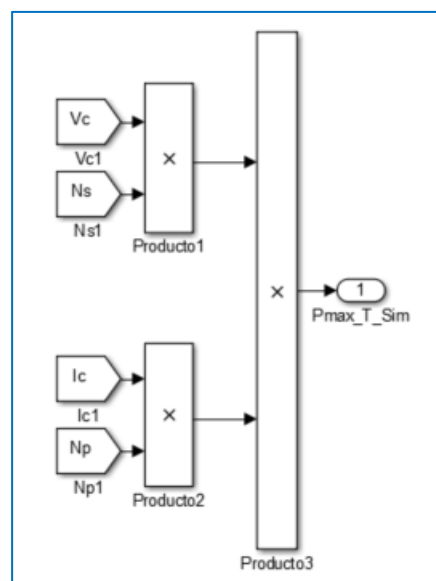
### 2.3.2.12. POTENCIA APROXIMADA



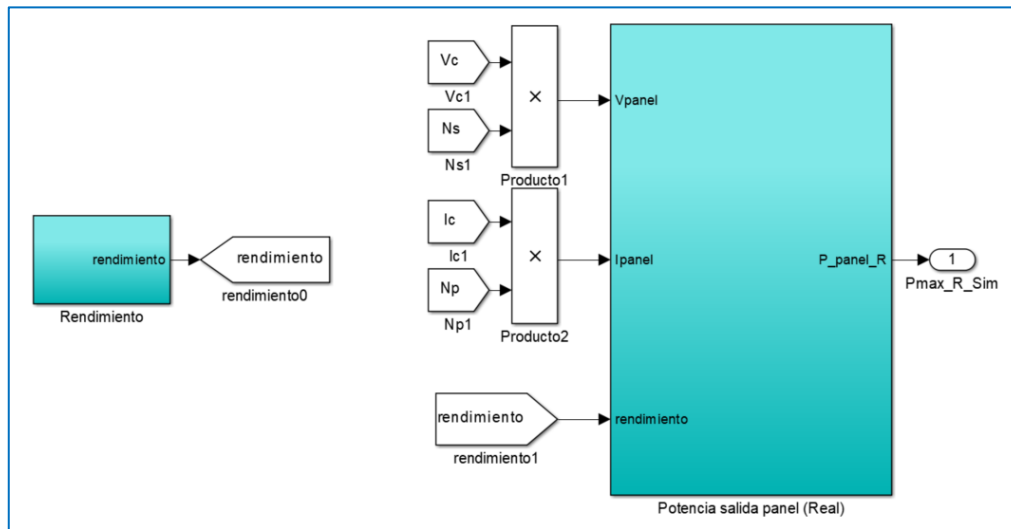
### 2.3.2.13. P<sub>MAX</sub> TEÓRICA PANEL



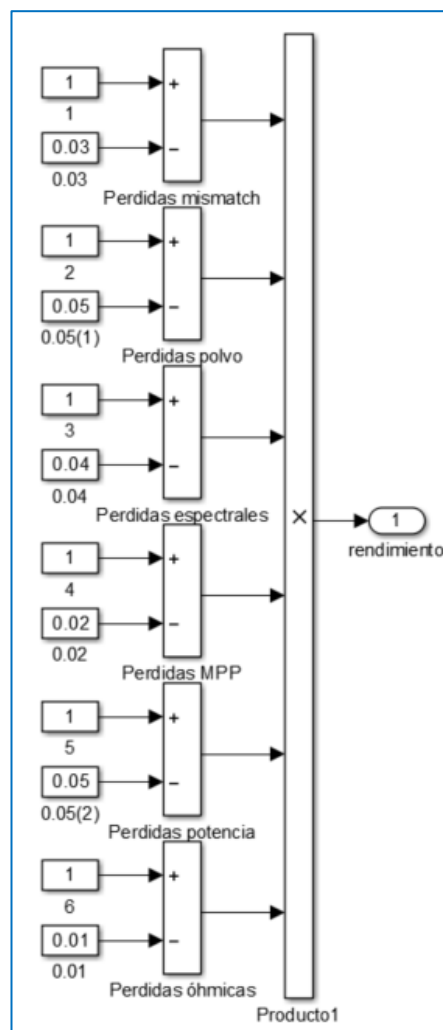
### 2.3.2.14. POTENCIA SIMULADA



### 2.3.2.15. POTENCIA REAL



### 2.3.2.16. RENDIMIENTO



### 2.3.2.17. POTENCIA SALIDA PANEL (REAL)

