



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

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

# **Estudio de los convertidores empleados en instalaciones fotovoltaicas**

**Autor:**

**Vega Maestro, Alejandro**

**Valladolid, diciembre 2020.**



**ANEJOS**



Alejandro Vega Maestro

“ESTUDIO DE LOS CONVERTIDORES EMPLEADOS EN INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS”

## ***I. Programa BARRIDO\_CMM\_Base***



```

% PROGRAMA: BARRIDO_CMM_Base

% OBJETIVO:
%   Simular el comportamiento del SISTEMA CMM (Inversores 1 y 2) para distintos
valores del factor de división "x".
%   Establecer el inversor que funciona y la potencia alterna suministrada, para
cada potencia continua de entrada.
%   Determinar el factor de reparto "y" entre los inversores cuando funcionan ambos.
%   Comparar el sistema CMM con el SISTEMA 0 (Inversor 0).

%   SISTEMA 0: Sistema convencional. Formado por un solo inversor de potencia
nominal 25 kW.

%   SISTEMA CMM: Sistema que sustituye el Inversor 0 por los Inversores 1 y 2. Las
potencias nominales de estos inversores se establecen,
%           en base al factor de división "x", respecto al Inversor 0. Cuando
funcionan de forma individual, en todo momento lo hace
%           aquel que aporte una mayor potencia de salida. Cuando funcionan de
forma conjunta el reparto de la potencia del generador
%           se hace en base al factor "y" de forma que la suma de las potencias
aportadas por ambos inversores sea máxima.

% DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA:
%   1.- Realiza un barrido de la potencia continua de salida del generador
fotovoltaico, para cada valor del factor "x".
%   2.- Para cada valor de "x" y para cada valor de potencia continua, calcula el
mejor factor de reparto "y" entre los inversores 1 y 2 del sistema CMM.
%   3.- Obtiene la energía máxima y el rendimiento del sistema CMM en cada una de
estas situaciones.
%   4.- Saca el máximo de todas ellas, asociándolo a cada valor de "x".
%   4.- Evalúa la mejora del SISTEMA CMM frente al SISTEMA 0 convencional para cada
"x".

%===== VALORES INICIALES =====

%_____ PARAMETROS DEL INVERSOR _____

Pnom_0=25000;           %Potencia nominal del inversor para el SISTEMA 0
(Wp)
Rend_inv_Pnom=0.928;    % Rendimiento de los inversores, a la potencia
nominal (tanto por uno)

%_____ TRAMOS DE LINEALIZACIÓN CURVA RENDIMIENTO-POTENCIA DEL INVERSOR 0 (25
kW) _____

% Se ha realizado una linealización por tramos de la curva Rendimiento-Pac
[rendimiento(%)=b+a*Pac]. Según la potencia Pcc, quedará definido el
% tramo y los valores correspondientes de "a" y "b", lo que permitirá calcular, más
adelante, la potencia Pac de salida del inversor como
% Pac =(b*Pcc)/(100-a*Pcc).

% -----6 TRAMOS PARA POTENCIA NOMINAL DE 25
kW-----

```

```
%Pcc_lim(1) = 1469;      a(1) = 0.06800;      b(1) = 0.1;      % Pcc entre 0 y 1469 W
%Pcc_lim(2) = 2812;      a(2) = 0.00304;      b(2) = 81.30;      % Pcc entre 1469 y 2812 W
%Pcc_lim(3) = 5417;      a(3) = 0.00136;      b(3) = 85.50;      % Pcc entre 2812 y 5417 W
%Pcc_lim(4) = 8056;      a(4) = 0.00032;      b(4) = 90.70;      % Pcc entre 5417 y 8056 W
%Pcc_lim(5) = 13383;     a(5) = 0.00006;      b(5) = 92.65;      % Pcc entre 8056 y 13383 W
%Pcc_lim(6) = 26940;     a(6) = -0.00005;     b(6) = 94.00;      % Pcc entre 13383 y 26940 W
```

```
% -----10 TRAMOS PARA POTENICA NOMINAL DE 25 kW-----
```

```
Pcc_lim(1) = 375;      a(1) = 0.266;      b(1) = 0.1;      % Pcc entre 0 y 375 W
Pcc_lim(2) = 649;      a(2) = 0.04160;      b(2) = 56.20;      % Pcc entre 375 y 649 W
Pcc_lim(3) = 1469;     a(3) = 0.01080;      b(3) = 71.60;      % Pcc entre 649 y 1469 W
Pcc_lim(4) = 2812;     a(4) = 0.00304;      b(4) = 81.30;      % Pcc entre 1469 y 2812 W
Pcc_lim(5) = 5417;     a(5) = 0.00136;      b(5) = 85.50;      % Pcc entre 2812 y 5417 W
Pcc_lim(6) = 8056;     a(6) = 0.00032;      b(6) = 90.70;      % Pcc entre 5417 y 8056 W
Pcc_lim(7) = 13383;    a(7) = 0.00006;      b(7) = 92.65;      % Pcc entre 8056 y 13383 W
Pcc_lim(8) = 17424;    a(8) = -0.00004;     b(8) = 93.87;      % Pcc entre 13383 y 17424 W
Pcc_lim(9) = 22849;    a(9) = -0.00005;     b(9) = 94.11;      % Pcc entre 17424 y 22849 W
Pcc_lim(10) = 26940;   a(10) = -0.00005;    b(10) = 94.13;     % Pcc entre 22849 y 26940 W
```

```
n_tramos = length(Pcc_lim);
```

```
% _____ PARAMETROS DEL SISTEMA 0 _____
```

```
Pout_panel=0;          % Potencia de salida de los paneles (W)
Eout_panel=0;          % Energía generada por los paneles (Wh/m2)
Eout_panel_ini=0;      % Valor inicial de la energía generada por los paneles
```

```
Pout_0=0;              % Potencia de salida del Inversor del SISTEMA 0 (W)
Rend_0=0;              % Rendimiento del Inversor del SISTEMA 0 (%)
```

```
Eout_0=0;              % Energía generada por el Inversor del SISTEMA 0 (Wh/m2)
Eout_0_ini=0;          % Valor inicial de la energía generada por el Inversor del SISTEMA 0
```

```
% _____ PARAMETROS DEL SISTEMA CMM _____
```



```

i=1;           % Índice de la fila de la matriz
j=0;           % Índice de la columna de la matriz

Pnom_1=0;      % Potencia nominal del Inversor 1 para el SISTEMA CMM ↙
(Wp)
Pnom_2=0;      % Potencia nominal del Inversor 2 para el SISTEMA CMM ↙
(Wp)

Pcc_nom_1=0;   % Potencia continua nominal de entrada al Inversor 1
Pcc_nom_2=0;   % Potencia continua nominal de entrada al Inversor 2

Pcc_1=0;       % Potencia continua de entrada al Inversor 1 (W), cada ↙
minuto
Pout_1=0;      % Potencia alterna de salida del Inversor 1 (W), cada ↙
minuto
Pout_1_CMM=0;  % Potencia alterna de salida del Inversor 1 (W), ↙
funcionando en el SISTEMA CMM
Rend_1=0;      % Rendimiento de funcionamiento del Inversor 1 (%)
Eout_1=0;      % Energía generada por el Inversor 1 del SISTEMA CMM ↙
(Wh/m2)
Eout_1_ini=0;  % Valor inicial de la energía generada por el Inversor 1 ↙
del SISTEMA CMM

Pcc_2=0;       % Potencia continua de entrada al Inversor 2 (W), cada ↙
minuto
Pout_2=0;      % Potencia alterna de salida del Inversor 2 (W), cada ↙
minuto
Pout_2_CMM=0;  % Potencia alterna de salida del Inversor 2 (W), ↙
funcionando en el SISTEMA CMM
Rend_2=0;      % Rendimiento de funcionamiento del Inversor 2 (%)
Eout_2=0;      % Energía generada por el Inversor 2 del SISTEMA CMM ↙
(Wh/m2)
Eout_2_ini=0;  % Valor inicial de la energía generada por el Inversor 2 ↙
del SISTEMA CMM

Pout_total=0;  % Potencia total del SISTEMA CMM (W), funcionando los ↙
dos inversores (para cada "y")
Pout_total_max=0; % Potencia máxima del SISTEMA CMM (W), funcionando los ↙
dos inversores (con el "y_max")
Pout_CMM=0;    % Potencia de salida del SISTEMA CMM (W)

Rend_total=0;  % Rendimiento del SISTEMA CMM, funcionando los dos ↙
inversores (para cada "y")
Rend_total_max=0; % Rendimiento máximo del SISTEMA CMM, funcionando los ↙
dos inversores (con el "y_max")
Rend_CMM=0;    % Rendimiento del SISTEMA CMM (%)

y=0;           % Factor de reparto de las entradas a los Inversores 1 y ↙
2 (entre 0 y 2)
y_max=0;       % Factor de reparto para máxima potencia de salida
y_mejor=0;     % Mejor factor "y" de reparto para cada potencia de ↙
paneles

```

```

Eout_CMM=0; % Energía total generada por el SISTEMA CMM (Wh/m2)
Eout_CMM_ini=0; % Valor inicial de la energía total generada por el SISTEMA CMM (Wh/m2)

Ppanel_ini=18.7; % Potencia de paneles de inicio de la simulación
Ppanel_fin=26939; % Potencia de paneles de final de la simulación
% (26939/18.7=1440 puntos, equivalente a 1440 minutos ó 1 día)

x_ini=0.2; % Valor inicial del factor de división "x" entre inversores
x_fin=0.3; % Valor final del factor de división "x" entre inversores

%===== RESERVA DE MEMORIA =====

PUNTOS=1440; % Número de puntos a simular (1440 puntos, equivalente a 1 día)

FILAS=PUNTOS+1; % Número de filas de las matrices (una por potencia continua simulada + valor cero)
COLUMNAS=11; % Número de columnas de las matrices (una por cada valor del factor de división "X")

% _____ SISTEMA 0 _____

Ppanel=zeros(FILAS,1); % Matriz de potencias de salida de los paneles del SISTEMA 0
Pac_0=zeros(FILAS,1); % Matriz de potencias de salida del Inversor del SISTEMA 0
Rendim_0=zeros(FILAS,1); % Matriz de rendimientos del Inversor del SISTEMA 0
Ener_0=zeros(FILAS,1); % Matriz de energías de salida del Inversor del SISTEMA 0

% _____ SISTEMA CMM _____

Pac_1=zeros(FILAS,COLUMNAS); % Matriz de potencias de salida del Inversor 1 del SISTEMA CMM
Pac_2=zeros(FILAS,COLUMNAS); % Matriz de potencias de salida del Inversor 2 del SISTEMA CMM
Pac_CMM=zeros(FILAS,COLUMNAS); % Matriz de potencias de salida del SISTEMA CMM
Rendim_CMM=zeros(FILAS,COLUMNAS); % Matriz de rendimientos del SISTEMA CMM
Ener_CMM=zeros(FILAS,COLUMNAS); % Matriz de energías de salida del SISTEMA CMM
y_optimo=zeros(FILAS,COLUMNAS); % Matriz de factores "y_mejor" con máxima potencia de salida del SISTEMA CMM

FACTOR_X=zeros(1,COLUMNAS); % Matriz de factores de división "x" entre inversores
MEJORA_X=zeros(1,COLUMNAS); % Matriz de MEJORAS del SISTEMA CMM para distintos valores del factor de división "x"

%-----
%===== ALGORITMO PRINCIPAL =====

```

```

%-----

for x=x_ini: +0.01: x_fin          % Bucle de variación del factor de división "x"

Pnom_1=Pnom_0*x;                  % Potencia nominal del Inversor 1 para el ✓
SISTEMA CMM(Wp)
Pnom_2=Pnom_0*(1-x);              % Potencia nominal del Inversor 2 para el ✓
SISTEMA CMM (Wp)

Pcc_nom_1=Pnom_1/Rend_inv_Pnom;    % Potencia continua nominal de entrada al ✓
Inversor 1
Pcc_nom_2=Pnom_2/Rend_inv_Pnom;    % Potencia continua nominal de entrada al ✓
Inversor 2

Eout_panel=0;                     % Inicialización de la energía producida por los paneles(Wh)
Eout_panel_ini=0;

Eout_0=0;                          % Inicialización de la energía producida por el Inversor 0 ✓
en el SISTEMA 0(Wh)
Eout_0_ini=0;

Eout_CMM=0;                        % Inicialización de la energía total producida en el SISTEMA ✓
CMM(Wh)
Eout_CMM_ini=0;

i=1;
j=j+1;

for Pout_panel=Ppanel_ini: +Ppanel_ini: Ppanel_fin          % Bucle de variación de ✓
la potencia de salida de los paneles

i=i+1;

%_____ SISTEMA 0 _____

for tramo=1:n_tramos
    if Pout_panel <= Pcc_lim(tramo)                            % Cálculo, ✓
para cada potencia de los paneles, de la
        Pout_0=(b(tramo)*Pout_panel)/(100-a(tramo)*Pout_panel); % potencia ✓
alterna de salida y del rendimiento del Inversor 0 del
        Rend_0=b(tramo)+a(tramo)*Pout_0;                      % SISTEMA 0, ✓
mediante la curva linealizada rendimiento-potencia
        break;
    end
end

%_____ SISTEMA CMM _____

% La ESTRATEGIA determina, para cada potencia de los paneles, los rendimientos de ✓
los Inversores 1 y 2, funcionando aquel que de mayor

```

% rendimiento. Cuando el rendimiento del Inversor 2 tienda a ser menor que el del Inversor 0, pasarán a funcionar los dos inversores  
 % buscando un reparto de la potencia de los paneles que proporcione la máxima potencia de salida conjunta.

```
if Pout_panel > Pcc_nom_1
    Pout_1=0;
    Rend_1=0;
else
    for tramo=1: n_tramos
        if (Pout_panel/x) <= Pcc_lim(tramo) %
Cálculo, para cada potencia de los paneles, de la
        Pout_1=(b(tramo)*Pout_panel)/(100-(a(tramo)/x)*Pout_panel); %
potencia alterna de salida y del rendimiento del Inversor 1 del
        Rend_1=b(tramo)+(a(tramo)/x)*Pout_1; %
SISTEMA CMM, mediante la curva linealizada rendimiento-potencia
        break;
    end
end
end
```

```
if Pout_panel > Pcc_nom_2
    Pout_2=0;
    Rend_2=0;
else
    for tramo=1: n_tramos
        if (Pout_panel/(1-x)) <= Pcc_lim(tramo) %
Cálculo, para cada potencia de los paneles, de la
        Pout_2=(b(tramo)*Pout_panel)/(100-(a(tramo)/(1-x))*Pout_panel); %
potencia alterna de salida y del rendimiento del Inversor 2 del
        Rend_2=b(tramo)+(a(tramo)/(1-x))*Pout_2; %
SISTEMA CMM, mediante la curva linealizada rendimiento-potencia
        break;
    end
end
end
```

```
if Pout_panel==0; % Condición para que no
funcione ninguno de los Inversores
```

```
Pcc_1=0;
Pcc_2=0;
Pout_1_CMM=0;
Pout_2_CMM=0;
Pout_CMM=0;
Rend_CMM=0;
y_mejor=-1;
```

```
elseif (Pout_panel < Pcc_nom_1) && (Rend_1 > Rend_2) % Condición de
funcionamiento sólo del Inversor 1
```

```
Pcc_1=Pout_panel;
Pcc_2=0;
```

```

Pout_1_CMM=Pout_1;
Pout_2_CMM=0;
Pout_CMM=Pout_1_CMM;
Rend_CMM=Rend_1;
y_mejor=0;

elseif (Pout_panel < Pcc_nom_2) && (Rend_2 > Rend_0) && (Rend_2 > Rend_1) % Condición de funcionamiento sólo del Inversor 2
    Pcc_1=0;
    Pcc_2=Pout_panel;
    Pout_1_CMM=0;
    Pout_2_CMM=Pout_2;
    Pout_CMM=Pout_2_CMM;
    Rend_CMM = Rend_2;
    y_mejor=1;

else % Condición de funcionamiento simultaneo de los Inversores 1 y 2
    Pout_total_max=0; % Inicialización de la potencia total de salida máxima
    Rend_total_max=0; % Inicialización del rendimiento total de salida máximo
    y_max=0; % Inicialización del factor de reparto para máxima potencia de salida

    Pout_1_CMM=0; % Inicialización de la potencia de salida del Inversor 1 del SISTEMA CMM
    Pout_2_CMM=0; % Inicialización de la potencia de salida del Inversor 2 del SISTEMA CMM

    for y=1 : -0.01 : 0 % Factor de reparto de las entradas a los Inversores 1 y 2. Con y=0
        y=1 sólo funciona el Inversor 2. % sólo funciona el Inversor 1, con y=1
        Pcc_1=Pout_panel*y; % Reparto de la potencia de los paneles a la entrada de los dos
        Pcc_2=Pout_panel - Pcc_1; % inversores, en función del parámetro "y".

        for tramo=1: n_tramos
            if Pcc_1 > Pcc_nom_1
                Pout_1=0;
                break;
            elseif (Pcc_1/x) <= Pcc_lim(tramo)
                Pout_1=(b(tramo)*Pcc_1)/(100-(a(tramo)/x)*Pcc_1); % Cálculo de la potencia de salida del Inversor 1
                break;
            end
        end

    for tramo=1: n_tramos

```

```

        if Pcc_2 > Pcc_nom_2
            Pout_2=0;
            break;
        elseif (Pcc_2/(1-x)) <= Pcc_lim(tramo)
            Pout_2=(b(tramo)*Pcc_2)/(100-(a(tramo)/(1-x))*Pcc_2);    % Cálculo de la potencia de salida del Inversor 2
            break;
        end
    end

    Pout_total=Pout_1 + Pout_2;    % Cálculo de la potencia total de salida
    Rend_total=Pout_total*100/Pout_panel;    % Cálculo del rendimiento total del SISTEMA CMM

    if Pout_total > Pout_total_max
        Pout_total_max=Pout_total;    % Se guarda el máximo valor de la potencia de salida
        Rend_total_max=Rend_total;    % Se guarda el máximo valor del rendimiento para la máxima potencia de salida
        y_max=y;    % Se guarda el valor de "y_max" para la máxima potencia de salida
        Pout_1_CMM=Pout_1;
        Pout_2_CMM=Pout_2;
    end

    Pcc_1=Pout_panel*y_max;    % Potencias de entrada a los dos inversores, con el mejor reparto,
    Pcc_2=Pout_panel - Pcc_1;    % cuando funcionan simultaneamente

    Pout_CMM=Pout_total_max;    % Potencia de salida máxima funcionando los dos inversores
    Rend_CMM=Rend_total_max;    % Rendimiento máximo funcionando los dos inversores
    y_mejor=y_max;    % Mejor factor "y" de reparto para cada potencia de paneles

% _____ ENERGÍAS GENERADAS _____

Eout_panel=(Pout_panel/60)+Eout_panel_ini;    % Energía producida por los paneles (Wh)
Eout_panel_ini=Eout_panel;

Eout_0=(Pout_0/60)+Eout_0_ini;    % Energía producida por el Inversor 0 en el SISTEMA 0 (Wh)
Eout_0_ini=Eout_0;

Eout_CMM=((Pout_CMM)/60)+Eout_CMM_ini;    % Energía total producida en el SISTEMA CMM (Wh)

```

```

Eout_CMM_ini=Eout_CMM;

%_____ ASIGNACIÓN DE VALORES A LAS MATRICES DE REPRESENTACIÓN (EN "UNIDADES DE
POTENCIA CONTINUA") _____

Ppanel(i)=Pout_panel;           % Potencia de salida de los paneles

Pac_0(i)=Pout_0;                 % Potencia de salida del Inversor 0 del SISTEMA 0
Rendim_0(i)=Rend_0;              % Rendimiento del Inversor 0 del SISTEMA 0
Ener_0(i)=Eout_0;                % Energía de salida del Inversor 0 del SISTEMA 0

Pac_1(i,j)=Pout_1_CMM;           % Potencia de salida del Inversor 1 del SISTEMA CMM
Pac_2(i,j)=Pout_2_CMM;           % Potencia de salida del Inversor 2 del SISTEMA CMM

Pac_CMM(i,j)=Pout_CMM;           % Potencia de salida del SISTEMA CMM
Rendim_CMM(i,j)=Rend_CMM;        % Rendimiento del SISTEMA CMM
Ener_CMM(i,j)=Eout_CMM;          % Energía de salida del SISTEMA CMM
y_optimo(i,j)=y_mejor;           % Factor de reparto óptimo para las entradas de los
Inversores 1 y 2

end

FACTOR_X(1,j)=x;                 % Vector de factores de división "x" entre
inversores

MEJORA_X(1,j)=[Ener_CMM(FILAS,j) - Ener_0(FILAS)]*100/Ener_0(FILAS); % Vector de
MEJORAS del SISTEMA CMM para distintos valores de "x"

end

%-----
%===== FIN DEL ALGORITMO PRINCIPAL =====
%-----

%-----
%===== VALORES POR PANTALLA =====
%-----

FACTOR_X
MEJORA_X

```





## ***II. Programa BARRIDO\_CMM\_Variantes***



```

% PROGRAMA: BARRIDO_CMM_Variantes

% OBJETIVO:
%   Simular el comportamiento del SISTEMA CMM (Inversores 1 y 2) para un único valor ↙
del factor de división "x".
%   Establecer el inversor que funciona y la potencia alterna suministrada, para ↙
cada potencia continua de entrada.
%   Determinar el factor de reparto "y" entre los inversores cuando funcionan ambos.
%   Comparar el sistema CMM con el SISTEMA 0 (Inversor 0).

%   SISTEMA 0: Sistema convencional. Formado por un solo inversor de potencia ↙
variable.

%   SISTEMA CMM: Sistema que sustituye el Inversor 0 por los Inversores 1 y 2. Las ↙
potencias nominales de estos inverores se establecen,
%           en base al factor de división "x", respecto al Inversor 0. Cuando ↙
funcionan de forma individual, en todo momento lo hace
%           aquel que aporte una mayor potencia de salida. Cuando funcionan de ↙
forma conjunta el reparto de la potencia del generador
%           se hace en base al factor "y" de forma que la suma de las potencias ↙
aportadas por ambos inversores sea máxima.

% DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA:
%   1.- Realiza un barrido de la potencia continua de salida del generador ↙
fotovoltaico, determinando para cada valor:
%       - El mejor factor de reparto "y" de la potencia del GF entre los ↙
inversores 1 y 2 del sistema CMM.
%       - Las potencias y energías de salida del SISTEMA CMM y del SISTEMA 0 ↙
convencional.
%   2.- Evalúa la mejora del SISTEMA CMM frente al SISTEMA 0 convencional.
%   3.- Representa distintos parámetros.

%===== VALORES INICIALES =====

%_____ PARAMETROS DEL INVERSOR _____

Pnom_0=25000;           % Potencia nominal del inversor para el SISTEMA 0 ↙
(Wp). NOTA: Particularizar para el caso a simular.
Rend_inv_Pnom=0.928;    % Rendimiento de los inversores, a la potencia ↙
nominal (tanto por uno)

%_____ TRAMOS DE LINEALIZACIÓN CURVA RENDIMIENTO-POTENCIA DEL INVERSOR 0 (25 ↙
kW) _____

% Se ha realizado una linealización por tramos de la curva Rendimiento-Pac ↙
[rendimiento(%)=b+a*Pac]. Según la potencia Pcc, quedará definido el
% tramo y los valores correspondientes de "a" y "b", lo que permitirá calcular, más ↙
adelante, la potencia Pac de salida del inversor como
% Pac =(b*Pcc)/(100-a*Pcc).

% -----6 TRAMOS PARA POTENICA NOMINAL DE 25 ↙
kW-----
%Pcc_lim(1) = 1469;      a(1) = 0.06800;      b(1) = 0.1;      % Pcc entre 0 y ↙

```

```

1469 W
%Pcc_lim(2) = 2812;      a(2) = 0.00304;      b(2) = 81.30;      % Pcc entre 1469 y 2812 W ✓
1469 y 2812 W
%Pcc_lim(3) = 5417;      a(3) = 0.00136;      b(3) = 85.50;      % Pcc entre 2812 y 5417 W ✓
2812 y 5417 W
%Pcc_lim(4) = 8056;      a(4) = 0.00032;      b(4) = 90.70;      % Pcc entre 5417 y 8056 W ✓
5417 y 8056 W
%Pcc_lim(5) = 13383;     a(5) = 0.00006;      b(5) = 92.65;      % Pcc entre 8056 y 13383 W ✓
8056 y 13383 W
%Pcc_lim(6) = 26940;     a(6) = -0.00005;     b(6) = 94.00;      % Pcc entre 13383 y 26940 W ✓
13383 y 26940 W

% -----10 TRAMOS PARA POTENICA NOMINAL DE 25 kW----- ✓
Pcc_lim(1) = 375;      a(1) = 0.266;      b(1) = 0.1;      % Pcc entre 0 y 375 W ✓
375 W
Pcc_lim(2) = 649;      a(2) = 0.04160;     b(2) = 56.20;     % Pcc entre 375 y 649 W ✓
y 649 W
Pcc_lim(3) = 1469;     a(3) = 0.01080;     b(3) = 71.60;     % Pcc entre 649 y 1469 W ✓
y 1469 W
Pcc_lim(4) = 2812;     a(4) = 0.00304;     b(4) = 81.30;     % Pcc entre 1469 y 2812 W ✓
y 2812 W
Pcc_lim(5) = 5417;     a(5) = 0.00136;     b(5) = 85.50;     % Pcc entre 2812 y 5417 W ✓
y 5417 W
Pcc_lim(6) = 8056;     a(6) = 0.00032;     b(6) = 90.70;     % Pcc entre 5417 y 8056 W ✓
y 8056 W
Pcc_lim(7) = 13383;    a(7) = 0.00006;     b(7) = 92.65;     % Pcc entre 8056 y 13383 W ✓
y 13383 W
Pcc_lim(8) = 17424;    a(8) = -0.00004;    b(8) = 93.87;     % Pcc entre 13383 y 17424 W ✓
13383 y 17424 W
Pcc_lim(9) = 22849;    a(9) = -0.00005;    b(9) = 94.11;     % Pcc entre 17424 y 22849 W ✓
17424 y 22849 W
Pcc_lim(10) = 26940;   a(10) = -0.00005;   b(10) = 94.13;    % Pcc entre 22849 y 26940 W ✓
22849 y 26940 W

% -----10 TRAMOS PARA POTENICA NOMINAL DE 50 kW----- ✓
% Pcc_lim(1) = 751;      a(1) = 0.13320;      b(1) = 0;      % Pcc entre 0 y 751 W ✓
y 751 W
% Pcc_lim(2) = 1299;     a(2) = 0.02080;     b(2) = 56.20;     % Pcc entre 751 y 1299 W ✓
751 y 1299 W
% Pcc_lim(3) = 2938;     a(3) = 0.00540;     b(3) = 71.60;     % Pcc entre 1299 y 2938 W ✓
1299 y 2938 W
% Pcc_lim(4) = 5624;     a(4) = 0.00152;     b(4) = 81.30;     % Pcc entre 2938 y 5624 W ✓
2938 y 5624 W
% Pcc_lim(5) = 10834;    a(5) = 0.00068;     b(5) = 85.50;     % Pcc entre 5624 y 10834 W ✓
5624 y 10834 W
% Pcc_lim(6) = 16112;    a(6) = 0.00016;     b(6) = 90.70;     % Pcc entre 10834 y 16112 W ✓
10834 y 16112 W
% Pcc_lim(7) = 26767;    a(7) = 0.00003;     b(7) = 92.65;     % Pcc entre 16112 y 26767 W ✓
16112 y 26767 W
% Pcc_lim(8) = 34849;    a(8) = -0.00002;    b(8) = 93.87;     % Pcc entre 26767 y 34849 W ✓
26767 y 34849 W

```

```

% Pcc_lim(9) = 45699;      a(9) = -0.00003;      b(9) = 94.11;      % Pcc entre 0 ✓
34849 y 45699 W
% Pcc_lim(10) = 53879;    a(10) = -0.00003;    b(10) = 94.13;    % Pcc entre 0 ✓
45699 y 53879 W

% -----10 TRAMOS PARA POTENICA NOMINAL DE 10 kW----- ✓
% Pcc_lim(1) = 150;      a(1) = 0.666;      b(1) = 0.1;      % Pcc entre 0 ✓
y 150 W
% Pcc_lim(2) = 260;      a(2) = 0.10400;    b(2) = 56.20;    % Pcc entre 0 ✓
150 y 260 W
% Pcc_lim(3) = 588;      a(3) = 0.02700;    b(3) = 71.60;    % Pcc entre 0 ✓
260 y 588 W
% Pcc_lim(4) = 1125;     a(4) = 0.00760;    b(4) = 81.30;    % Pcc entre 0 ✓
588 y 1125 W
% Pcc_lim(5) = 2167;     a(5) = 0.00340;    b(5) = 85.50;    % Pcc entre 0 ✓
1125 y 2167 W
% Pcc_lim(6) = 3222;     a(6) = 0.00080;    b(6) = 90.70;    % Pcc entre 0 ✓
2167 y 3222 W
% Pcc_lim(7) = 5353;     a(7) = 0.00015;    b(7) = 92.65;    % Pcc entre 0 ✓
3222 y 5353 W
% Pcc_lim(8) = 6970;     a(8) = -0.00009;   b(8) = 93.87;    % Pcc entre 0 ✓
5353 y 6970 W
% Pcc_lim(9) = 9140;     a(9) = -0.00013;   b(9) = 94.11;    % Pcc entre 0 ✓
6970 y 9140 W
% Pcc_lim(10) = 10776;   a(10) = -0.00013;  b(10) = 94.13;   % Pcc entre 0 ✓
9140 y 10776 W

n_tramos = length(Pcc_lim);

% _____ PARAMETROS DEL SISTEMA 0 _____

Pout_panel=0;      % Potencia de salida de los paneles (W)
Eout_panel=0;      % Energía generada por los paneles (Wh/m2)
Eout_panel_ini=0;  % Valor inicial de la energía generada por los paneles

Pout_0=0;          % Potencia de salida del Inversor del SISTEMA 0 (W)
Rend_0=0;          % Rendimiento del Inversor del SISTEMA 0 (%)

Eout_0=0;          % Energía generada por el Inversor del SISTEMA 0 (Wh/m2)
Eout_0_ini=0;      % Valor inicial de la energía generada por el Inversor del SISTEMA 0 ✓

% _____ PARAMETROS DEL SISTEMA CMM _____

i=1;               % Índice de la fila de la matriz

x=0.26;            % Factor de división óptimo entre los Inversores 1 y 2 ✓

Pnom_1=Pnom_0*x;   % Potencia nominal del Inversor 1 para el SISTEMA CMM(Wp) ✓

```

---

```

Pnom_2=Pnom_0*(1-x);           % Potencia nominal del Inversor 2 para el
SISTEMA CMM (Wp)

Pcc_nom_1=Pnom_1/Rend_inv_Pnom; % Potencia continua nominal de entrada al
Inversor 1
Pcc_nom_2=Pnom_2/Rend_inv_Pnom; % Potencia continua nominal de entrada al
Inversor 2

Pcc_1=0;                        % Potencia continua de entrada al Inversor 1 (W), cada
minuto
Pout_1=0;                       % Potencia alterna de salida del Inversor 1 (W), cada
minuto
Pout_1_CMM=0;                   % Potencia alterna de salida del Inversor 1 (W),
funcionando en el SISTEMA CMM
Rend_1=0;                       % Rendimiento de funcionamiento del Inversor 1 (%)
Eout_1=0;                       % Energía generada por el Inversor 1 del SISTEMA CMM
(Wh/m2)
Eout_1_ini=0;                   % Valor inicial de la energía generada por el Inversor 1
del SISTEMA CMM

Pcc_2=0;                        % Potencia continua de entrada al Inversor 2 (W), cada
minuto
Pout_2=0;                       % Potencia alterna de salida del Inversor 2 (W), cada
minuto
Pout_2_CMM=0;                   % Potencia alterna de salida del Inversor 2 (W),
funcionando en el SISTEMA CMM
Rend_2=0;                       % Rendimiento de funcionamiento del Inversor 2 (%)
Eout_2=0;                       % Energía generada por el Inversor 2 del SISTEMA CMM
(Wh/m2)
Eout_2_ini=0;                   % Valor inicial de la energía generada por el Inversor 2
del SISTEMA CMM

Pout_total=0;                   % Potencia total del SISTEMA CMM (W), funcionando los
dos inversores (para cada "y")
Pout_total_max=0;               % Potencia máxima del SISTEMA CMM (W), funcionando los
dos inversores (con el "y_max")
Pout_CMM=0;                     % Potencia de salida del SISTEMA CMM (W)

Rend_total=0;                   % Rendimiento del SISTEMA CMM, funcionando los dos
inversores (para cada "y")
Rend_total_max=0;               % Rendimiento máximo del SISTEMA CMM, funcionando los
dos inversores (con el "y_max")
Rend_CMM=0;                     % Rendimiento del SISTEMA CMM (%)

y=0;                            % Factor de reparto de las entradas a los Inversores 1 y
2 (entre 0 y 2)
y_max=0;                        % Factor de reparto para máxima potencia de salida
y_mejor=0;                      % Mejor factor "y" de reparto para cada potencia de
paneles

Eout_CMM=0;                     % Energía total generada por el SISTEMA CMM (Wh/m2)
Eout_CMM_ini=0;                 % Valor inicial de la energía total generada por el
SISTEMA CMM (Wh/m2)

```

```

R1=0;
R2=0;
Ppanel_ini=6,25;           % Potencia de paneles de inicio de la simulación
Ppanel_fin=9000;           % Potencia de paneles de final de la simulación
                           % (9000/6.25=1440 puntos, equivalente a 1440 minutos ó 1 día)
                           % NOTA: Particularizar estos parámetros para día de invierno o de verano, en función de
                           % la potencia nominal del sistema.

%===== RESERVA DE MEMORIA =====

PUNTOS=1440;               % Número de puntos a simular (1440 puntos, equivalente a 1 día)
FILAS=PUNTOS+1;           % Número de filas de las matrices (una por potencia continua simulada + valor cero)

Vector_i = zeros(FILAS,1); % Matriz de minutos del día (necesario para representación Figura 6)

%_____ SISTEMA 0 _____

Ppanel=zeros(FILAS,1);    % Matriz de potencias de salida de los paneles del SISTEMA 0
Pac_0=zeros(FILAS,1);     % Matriz de potencias de salida del Inversor del SISTEMA 0
Rendim_0=zeros(FILAS,1);  % Matriz de rendimientos del Inversor del SISTEMA 0
Ener_0=zeros(FILAS,1);    % Matriz de energías de salida del Inversor del SISTEMA 0

%_____ SISTEMA CMM _____

Pac_1=zeros(FILAS,1);     % Vector de potencias de salida del Inversor 1 del SISTEMA CMM
Pac_2=zeros(FILAS,1);     % Vector de potencias de salida del Inversor 2 del SISTEMA CMM
Rendimiento_1 = zeros(FILAS,1);
Rendimiento_2 = zeros(FILAS,1);
Pac_CMM=zeros(FILAS,1);   % Vector de potencias de salida del SISTEMA CMM
Rendim_CMM=zeros(FILAS,1); % Vector de rendimientos del SISTEMA CMM
Ener_CMM=zeros(FILAS,1);  % Vector de energías de salida del SISTEMA CMM
y_optimo=zeros(FILAS,1);  % Vector de factores "y_mejor" con máxima potencia de salida del SISTEMA CMM

%-----
%===== ALGORITMO PRINCIPAL =====
%-----

%-----POTENCIA CONTINUA DOBLE RAMPA-----

% Barrido_1=linspace(Ppanel_ini*2,Ppanel_fin,(Ppanel_fin/Ppanel_ini)/2); % Contiene potencias ascendentes. Primera componente del Vector_barrido
% Barrido_2=linspace(Ppanel_fin-Ppanel_ini*2,Ppanel_ini*2,(Ppanel_fin/Ppanel_ini)

```

```

/2); % Contiene potencias descendentes. Segunda componente del Vector_barrido
%
% Vector_barrido=[Barrido_1 Barrido_2]; ✓
%Vector de potencias en forma de doble rampa.
%
% for Pout_panel= Vector_barrido

%-----
%-----POTENCIA CONTINUA CAMPANA DE GAUSS-----

while(i < 1440)
    i=i+1;
    Pout_panel = Ppanel_fin*exp(-(i-720)^2/(2*85^2)); % Ecuación de la campana ✓
    de Gauss. Sustituir parámetro c = 135 (verano), % c = 85 (invierno)

%-----POTENCIA CONTINUA RAMPA-----

% for Pout_panel=Ppanel_ini: +Ppanel_ini: Ppanel_fin % Bucle de variación ✓
    de la potencia de salida de los paneles
%
% i=i+1;

% _____ SISTEMA 0 _____

for tramo=1:n_tramos
    if Pout_panel <= Pcc_lim(tramo) % Cálculo, ✓
    para cada potencia de los paneles, de la
        Pout_0=(b(tramo)*Pout_panel)/(100-a(tramo)*Pout_panel); % potencia ✓
    alterna de salida y del rendimiento del Inversor 0 del
        Rend_0=b(tramo)+a(tramo)*Pout_0; % SISTEMA 0, ✓
    mediante la curva linealizada rendimiento-potencia
        break;
    end
end

% _____ SISTEMA CMM _____

% La ESTRATEGIA determina, para cada potencia de los paneles, los rendimientos de ✓
los Inversores 1 y 2, funcionando aquel que de mayor
% rendimiento. Cuando el rendimiento del Inversor 2 tienda a ser menor que el del ✓
Inversor 0, pasarán a funcionar los dos inversores
% buscando un reparto de la potencia de los paneles que proporcione la máxima ✓
potencia de salida conjunta.

if Pout_panel > Pcc_nom_1
    Pout_1=0;
    Rend_1=0;
else
    for tramo=1: n_tramos
        if (Pout_panel/x) <= Pcc_lim(tramo) % ✓
        Cálculo, para cada potencia de los paneles, de la

```



```

        Pout_1=(b(tramo)*Pout_panel)/(100-(a(tramo)/x)*Pout_panel); %↙
potencia alterna de salida y del rendimiento del Inversor 1 del
        Rend_1=b(tramo)+(a(tramo)/x)*Pout_1; %↙
SISTEMA CMM, mediante la curva linealizada rendimiento-potencia
        break;
    end
end
end

if Pout_panel > Pcc_nom_2
    Pout_2=0;
    Rend_2=0;
else
    for tramo=1: n_tramos
        if (Pout_panel/(1-x)) <= Pcc_lim(tramo) %↙
Cálculo, para cada potencia de los paneles, de la
            Pout_2=(b(tramo)*Pout_panel)/(100-(a(tramo)/(1-x))*Pout_panel); %↙
potencia alterna de salida y del rendimiento del Inversor 2 del
            Rend_2=b(tramo)+(a(tramo)/(1-x))*Pout_2; %↙
SISTEMA CMM, mediante la curva linealizada rendimiento-potencia
            break;
        end
    end
end
end

if Pout_panel==0; % Condición para que no %↙
funcione ninguno de los Inversores

    Pcc_1=0;
    Pcc_2=0;
    Pout_1_CMM=0;
    Pout_2_CMM=0;
    Pout_CMM=0;
    Rend_CMM=0;
    y_mejor=-1;

elseif (Pout_panel < Pcc_nom_1) && (Rend_1 > Rend_2) % Condición de %↙
funcionamiento sólo del Inversor 1

    Pcc_1=Pout_panel;
    Pcc_2=0;
    Pout_1_CMM=Pout_1;
    Pout_2_CMM=0;
    Pout_CMM=Pout_1_CMM;
    Rend_CMM=Rend_1;
    y_mejor=0;

elseif (Pout_panel < Pcc_nom_2) && (Rend_2 > Rend_0) && (Rend_2 > Rend_1) %↙
Condición de funcionamiento sólo del Inversor 2

    Pcc_1=0;
    Pcc_2=Pout_panel;
    Pout_1_CMM=0;

```

```

Pout_2_CMM=Pout_2;
Pout_CMM=Pout_2_CMM;
Rend_CMM = Rend_2;
y_mejor=1;

else % Condición de funcionamiento ✓
simultaneo de los Inversores 1 y 2

    Pout_total_max=0; % Inicialización de la potencia ✓
total de salida máxima
    Rend_total_max=0; % Inicialización del rendimiento ✓
total de salida máximo
    y_max=0; % Inicialización del factor de ✓
reparto para máxima potencia de salida

    Pout_1_CMM=0; % Inicialización de la potencia de ✓
salida del Inversor 1 del SISTEMA CMM
    Pout_2_CMM=0; % Inicialización de la potencia de ✓
salida del Inversor 2 del SISTEMA CMM

    for y=1 : -0.01 : 0 % Factor de reparto de las entradas ✓
a los Inversores 1 y 2. Con y=0
        % sólo funciona el Inversor 1, con ✓

y=1 sólo funciona el Inversor 2.
        Pcc_1=Pout_panel*y; % Reparto de la potencia de los ✓
paneles a la entrada de los dos
        Pcc_2=Pout_panel - Pcc_1; % inversores, en función del ✓
parámetro "y".

        for tramo=1: n_tramos
            if Pcc_1 > Pcc_nom_1
                Pout_1=0;
                break;
            elseif (Pcc_1/x) <= Pcc_lim(tramo)
                Pout_1=(b(tramo)*Pcc_1)/(100-(a(tramo)/x)*Pcc_1); % Cálculo de ✓
la potencia de salida del Inversor 1
                break;
            end
        end

        for tramo=1: n_tramos
            if Pcc_2 > Pcc_nom_2
                Pout_2=0;
                break;
            elseif (Pcc_2/(1-x)) <= Pcc_lim(tramo)
                Pout_2=(b(tramo)*Pcc_2)/(100-(a(tramo)/(1-x))*Pcc_2); % Cálculo de ✓
la potencia de salida del Inversor 2
                break;
            end
        end

        Pout_total=Pout_1 + Pout_2; % Cálculo de la potencia total ✓
de salida

```

```

    Rend_total=Pout_total*100/Pout_panel;           % Cálculo del rendimiento total ✓
del SISTEMA CMM

    if Pout_total > Pout_total_max
        Pout_total_max=Pout_total;                 % Se guarda el máximo valor de ✓
la potencia de salida
        Rend_total_max=Rend_total;                 % Se guarda el máximo valor del ✓
rendimiento para la máxima potencia de salida
        y_max=y;                                   % Se guarda el valor de "y_max" ✓
para la máxima potencia de salida
        Pout_1_CMM=Pout_1;
        Pout_2_CMM=Pout_2;

    end
end

    Pcc_1=Pout_panel*y_max;                         % Potencias de entrada a los dos ✓
inversores, con el mejor reparto,
    Pcc_2=Pout_panel - Pcc_1;                       % cuando funcionan simultaneamente
    Rend_1=(Pout_1_CMM/Pcc_1)*100;                 % Cálculo de rendimientos de ✓
inversor 1 y 2
    Rend_2=(Pout_2_CMM/Pcc_2)*100;

    Pout_CMM=Pout_total_max;                       % Potencia de salida máxima ✓
funcionando los dos inversores
    Rend_CMM=Rend_total_max;                       % Rendimiento máximo funcionando los ✓
dos inversores
    y_mejor=y_max;                                 % Mejor factor "y" de reparto para ✓
cada potencia de paneles

end

% _____ ENERGÍAS GENERADAS _____

Eout_panel=(Pout_panel/60)+Eout_panel_ini;         % Energía producida por los paneles ✓
(Wh)
Eout_panel_ini=Eout_panel;

Eout_0=(Pout_0/60)+Eout_0_ini;                     % Energía producida por el Inversor ✓
0 en el SISTEMA 0 (Wh)
Eout_0_ini=Eout_0;

Eout_CMM=((Pout_CMM)/60)+Eout_CMM_ini;             % Energía total producida en el ✓
SISTEMA CMM(Wh)
Eout_CMM_ini=Eout_CMM;

% _____ ASIGNACIÓN DE VALORES A LAS MATRICES DE REPRESENTACIÓN (EN "UNIDADES DE ✓
POTENCIA CONTINUA") _____

Ppanel(i)=Pout_panel;                             % Potencia de salida de los paneles
Vector_i(i)=i;                                     % Minutos del día

Pac_0(i)=Pout_0;                                   % Potencia de salida del Inversor 0 del SISTEMA 0

```

```

Rendim_0(i)=Rend_0;           % Rendimiento del Inversor 0 del SISTEMA 0
Ener_0(i)=Eout_0;             % Energía de salida del Inversor 0 del SISTEMA 0

Pac_1(i)=Pout_1_CMM;          % Potencia de salida del Inversor 1 del SISTEMA CMM
Pac_2(i)=Pout_2_CMM;          % Potencia de salida del Inversor 2 del SISTEMA CMM

Pac_CMM(i)=Pout_CMM;          % Potencia de salida del SISTEMA CMM
Rendim_CMM(i)=Rend_CMM;       % Rendimiento del SISTEMA CMM
Ener_CMM(i)=Eout_CMM;         % Energía de salida del SISTEMA CMM
y_optimo(i)=y_mejor;          % Factor de reparto óptimo para las entradas de los
Inversores 1 y 2

Rendimiento_1(i)=Rend_1;      % Rendimiento del inversor 1
Rendimiento_2(i)=Rend_2;      % Rendimiento del inversor 2
end

%-----
%===== FIN DEL ALGORITMO PRINCIPAL =====
%-----

%-----
%===== VALORES POR PANTALLA =====
%-----

Eout_0
Eout_CMM

MEJORA=(Eout_CMM - Eout_0)*100/Eout_0

%-----
%===== VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS =====
%-----

figure(1);plot(Ppanel,Pac_1,'LineWidth',1.5);grid;xlabel('Potencia continua de
entrada (W)');ylabel('Potencia de salida Inversor 1 (W)')
figure(2);plot(Ppanel,Pac_2,'LineWidth',1.5);grid;xlabel('Potencia continua de
entrada (W)');ylabel('Potencia de salida Inversor 2 (W)')
figure(3);plot(Ppanel,Pac_1,Ppanel,Pac_2,'LineWidth',1.5);grid;xlabel('Potencia
continua de entrada (W)');ylabel('Potencias de salida Inversores 1 y 2 (W)')
figure(4);plot(Ppanel,y_optimo,'LineWidth',1.5);grid;xlabel('Potencia continua de
entrada (W)');ylabel('y-óptimo')
figure(5);plot(Ppanel,Rendimiento_1,Ppanel,Rendimiento_2,Ppanel,
Rendim_0,'LineWidth',1.5);grid;xlabel('Potencia continua de entrada (W)');ylabel
('Rendimiento Inversores 0, 1 y 2 (%)')
figure(6);plot(Vector_i,Ppanel);xlabel('Minutos del día');ylabel('Potencia recibida
por los inversores (W)')

```



