



Anexo I

Resumen sobre las diferentes fuentes de energía renovables y no renovables

Autor

Guillem Díaz Fuertes

Directores

María Abián Vicén
Raúl Igual Catalán

Escuela Universitaria Politécnica de Teruel / Unizar
2019

Índice

1. Fuentes de energía no renovables	1
2. Fuentes de energía renovable	1
Bibliografía	2

Índice de figuras

<i>Figura 1. Energía eólica [3].</i>	2
<i>Figura 2. Energía hidráulica [4].</i>	2
<i>Figura 3. Energía Geotérmica [5].</i>	3
<i>Figura 4. Ciclo de la Biomasa [6].</i>	4
<i>Figura 5. Energía Mareomotriz [7].</i>	5
<i>Figura 6. Energía solar [8].</i>	5

1. Fuentes de energía no renovables

Las fuentes de energía no renovables son aquellas cuya materia prima se encuentra en la naturaleza, creadas con un proceso de formación muy lento, en una cantidad finita y que, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, ya que, en la actualidad, no existe sistema de producción viable.

Existen dos tipos de fuentes de energía no renovables:

- Combustibles fósiles: Son el carbón, el petróleo y el gas natural. Un combustible fósil está formado por restos de organismos que habitaron la tierra hace millones de años.
- Energía nuclear: La energía nuclear es la energía que se libera mediante la fusión o fisión de los núcleos atómicos debido a una reacción nuclear [1].

Su fácil acceso nos ha hecho dependientes de ellas, pero las consecuencias de su uso nos impulsan a buscar nuevas alternativas energéticas. En particular, los combustibles fósiles, han contribuido durante décadas al calentamiento global.

2. Fuentes de energía renovable

Son aquellas fuentes que producen energía a partir de fuentes naturales no finitas, como son el sol, el viento, las olas y mareas, el agua, y el calor de la propia Tierra.

También se considera energía renovable a la energía producida a partir de biommasas (residuos combustibles biológicos) porque se considera que para producirla se emite a la atmósfera, durante la combustión, una cantidad de dióxido de carbono igual a la que las plantas absorben en su vida [2].

Existen varios tipos de fuentes de energía renovable:

- **Energía eólica:** Consiste en el aprovechamiento de la fuerza del viento para producir energía eléctrica mediante el uso de la energía cinética que provoca el viento en las turbinas de los aerogeneradores, que es convertida en energía eléctrica.

En la figura 1 [3] podemos ver varios aerogeneradores en funcionamiento:



Figura 1. Energía eólica [3].

Energía hidráulica: Consiste en el aprovechamiento de la energía potencial y cinética de los saltos de agua generados en cascadas, presas y de las fuertes corrientes de agua generadas en los ríos. La energía cinética asociada a este movimiento del agua se aprovecha en turbinas para generar electricidad, o en molinos de agua para producir el movimiento del mismo.

En la figura 2 [4] podemos ver una presa que usa el agua de un embalse para generar electricidad:



Figura 2. Energía hidráulica [4].

Energía geotérmica: Consiste en el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra, en concreto de diferencia de temperaturas entre el subsuelo y la superficie. Se consigue la energía mediante diferentes métodos según para qué se quiera utilizar (para calentar agua, mover turbinas, etc.).

En la mayoría de los casos se utiliza un circuito de agua cerrado que pasa por la zona caliente de la tierra y calienta el agua que lleva dentro para su posterior aprovechamiento.

La figura 3 [5] muestra un circuito cerrado como el explicado:

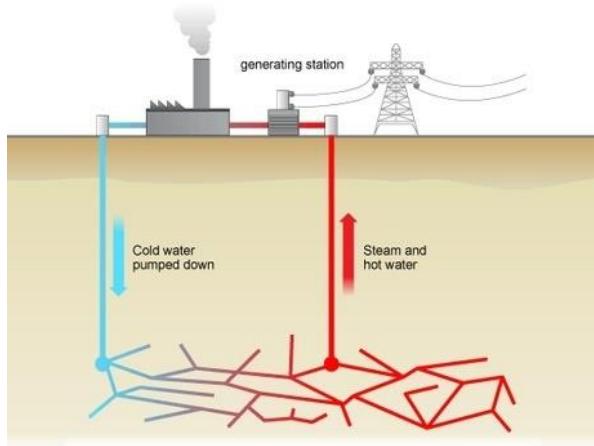


Figura 3. Energía Geotérmica [5].

- **Biomasa:** Consiste en el aprovechamiento de la energía liberada por la combustión de la biomasa, o aprovechando las sustancias en las que se puede transformar la biomasa como combustibles.

Debido a esto, producir energía con biomasa es ecológico, respeta el medio ambiente y además es económico. Las biomasas se pueden clasificar según su procedencia [6].

- Natural: Son los árboles, matorrales, plantas, etc.
- Residual: Son los residuos madereros, agrícolas, ganaderos y las basuras urbanas.

En la figura 4 [6] se puede ver el ciclo por el cual se obtiene la biomasa:

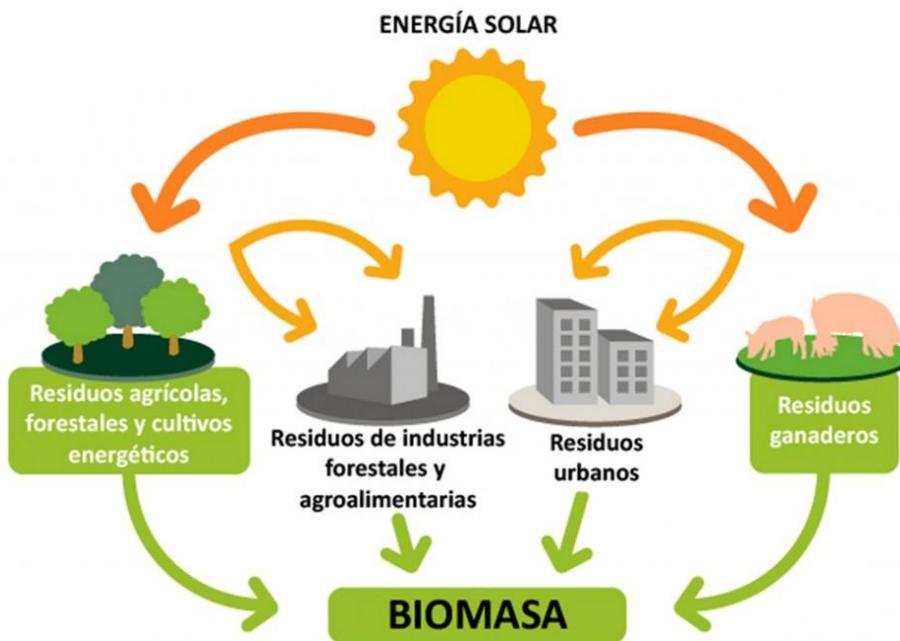


Figura 4. Ciclo de la Biomasa [6].

- Mareomotriz: Consiste en el aprovechamiento de la diferencia de alturas del agua que se produce en los océanos gracias a las mareas.

El funcionamiento de una planta mareomotriz es sencillo: cuando sube la marea, se abren las compuertas del embalse, una vez se llena el embalse, se cierran las compuertas y se mantiene el agua hasta que baja el nivel de la marea.

En ese momento, se abren las compuertas y se utiliza la energía del agua que pasa por las turbinas instaladas en conductos estrechos del embalse. Estas turbinas crean la electricidad al ser movidas por el agua.

También se pueden instalar “molinos” cuyas aspas se encuentren bajo el agua, para aprovechar el movimiento del océano para mover las aspas y generar electricidad.

En la figura 5 [7] se puede ver una representación de cómo son estos molinos:



Figura 5. Energía Mareomotriz [7].

- Energía solar: Consiste en el aprovechamiento de la radiación que produce el Sol y que llega a la Tierra.

Se puede aprovechar mediante colectores solares para crear energía térmica que sirve para generar vapor de agua, y así mover turbinas, o mediante paneles solares fotovoltaicos para crear energía eléctrica por el efecto fotovoltaico.

En la figura 6 [8] se pueden ver varios de estos paneles solares:



Figura 6. Energía solar [8].

Bibliografía.

- [1] erenovable, “Energia nuclear,” *¿Qué es la Energía nuclear? Ventajas y Desventajas*, 2018. [Online]. Available: <https://erenovable.com/energia-nuclear/>. [Accessed: 18-Mar-2019].
- [2] erenovable, “Energías renovables,” *Energías renovables*, 2018. [Online]. Available: <https://erenovable.com/energias-renovables/>. [Accessed: 18-Mar-2019].
- [3] E. Arriols, “foto molinos,” *Ventajas y desventajas de la energía eólica*, 2018. [Online]. Available: <https://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-eolica-1085.html>. [Accessed: 08-Apr-2019].
- [4] F. Romero Real, “Foto hidráulica,” *Qué es la energía hidráulica y cómo se aprovecha*, 2018. [Online]. Available: <https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/que-es-la-energia-hidraulica-y-como-se-aprovecha-2508.html>. [Accessed: 08-Apr-2019].
- [5] G. Ruiz, “Foto geotérmica,” *¿Qué es la Energia Geotérmica? Fuentes, usos, ventajas y desventajas de la energía geotérmica*, 2018. [Online]. Available: <https://erenovable.com/energia-geotermica/>. [Accessed: 08-Apr-2019].
- [6] Ebasl, “Biomasa,” *La biomasa: producir energía con un sistema ecológico*. [Online]. Available: <http://ebasl.es/en/producir-energia-con-la-biomasa/>. [Accessed: 18-Mar-2019].
- [7] caloryfrio, “Foto mareomotriz,” *Energía mareomotriz*. [Online]. Available: <https://www.caloryfrio.com/464-energia-mareomotriz.html>.
- [8] E. Velasco, “Foto paneles,” *Así será la energía solar del futuro*, 2018. [Online]. Available: <https://www.lavanguardia.com/ciencia/planeta-tierra/20180113/434235557334/energia-solar-fotovoltaica-futuro-nuevos-materiales-perovskitas-kesteritas.html>. [Accessed: 08-Apr-2019].



Anexo II

Programación del Arduino utilizado en el TFG

Autor

Guillem Díaz Fuertes

Directores

María Abián Vicén
Raúl Igual Catalán

Escuela Universitaria Politécnica de Teruel / Unizar
2019


```
#include <SD.h>
#include <math.h>

//El siguiente código crea 3 archivos diferentes donde apunta los valores de
iluminacion, temperatura y tiempo cada segundo.

//Observar que los cálculos se realizan con aritmética de enteros,
//evitando emplear números de coma flotante, dado que ralentizan mucho la ejecución
del código.

File logfile;
File logfile2;
File logfile3;

//Aquí declaramos todas las variables:
int valorLDR;

const long A = 1000; //Resistencia en oscuridad en KΩ
const int B = 10; //Resistencia a la luz (10 Lux) en KΩ
const int Rc = 10; //Resistencia calibracion en KΩ
const int LDRPin = A0; //Pin del LDR

const int RNTC = 10000; //valor de la resistencia
const int Vcc = 5;
const int NTC_PIN = A1;

float C = 1.11492089e-3;
float D = 2.372075385e-4;
float F = 6.954079529e-8;

float K = 2.5; //factor de disipacion en mW/C
int V;
int ilum;

void setup()
```

```
{  
  Serial.begin(115200);  
  Serial.print(F("Iniciando SD ... "));  
  if (!SD.begin(9))  
  {  
    Serial.println(F("Error al iniciar"));  
    return;  
  }  
  Serial.println(F("Iniciado correctamente"));  
  SD.remove("Tiempo.txt");  
  SD.remove("Ilum.txt");  
  SD.remove("Temp.txt");  
}  
  
void loop()  
{  
  float raw = analogRead(NTC_PIN);  
  float Volt = raw / 1024 * Vcc;  
  
  float R = (RNTC * Volt) / (Vcc - Volt);  
  
  float logR = log(R);  
  float R_th = 1.0 / (C + D * logR + F * logR * logR * logR );  
  
  float kelvin = R_th - Volt*Volt/(K * R)*1000;  
  float celsius = kelvin - 273.15;  
  
  V = analogRead(LDRPin);  
  
  ilum = ((long)V*A*10)/((long)B*Rc*(1024-V)); //usar si LDR entre A0 y Vcc  
  Serial.print("Tiempo(ms)= ");
```

```
Serial.print(millis());  
Serial.print(" LDR = ");  
Serial.print(ilum);  
Serial.print(" T = ");  
Serial.print(celsius);  
Serial.println("°C");  
  
// Abrir archivo y escribir valor  
  
logFile = SD.open("Tiempo.txt", FILE_WRITE);  
  
if (logFile) {  
  
    logFile.println(millis());  
    logFile.close();  
}  
// Abrir archivo y escribir valor  
logFile2 = SD.open("Ilum.txt", FILE_WRITE);  
  
if (logFile2) {  
    int value = ilum;  
    logFile2.println(value);  
    logFile2.close();  
}  
// Abrir archivo y escribir valor  
logFile3 = SD.open("Temp.txt", FILE_WRITE);  
  
if (logFile3) {  
    int temp = celsius;  
    logFile3.println(temp);  
    logFile3.close();  
}  
delay(1000);  
}
```




Anexo III

Células creadas con componentes diferentes a los del TFG

Autor

Guillem Díaz Fuertes

Directores

María Abián Vicén
Raúl Igual Catalán

Escuela Universitaria Politécnica de Teruel / Unizar
2019

Índice

1. Introducción.....	1
2. Montaje.....	1
3. Valores obtenidos	3
3.1. Valores obtenidos en el laboratorio (entorno 1)	3
3.2. Valores obtenidos en el solárium (entorno 2)	4
3.3. Valores obtenidos en el exterior (entorno 3)	6
4. Análisis de resultados	8
5. Cálculo de la eficiencia de las DSSC	11
6. Conclusiones.....	12
Bibliografía	2

Índice de figuras

<i>Figura 1 Partes de la DSSC larga alternativas (Autoría propia).</i>	1
<i>Figura 2 Potencia media de las tres DSSC en los tres entornos de medida.</i>	7
<i>Figura 3 Prueba de igualdad de varianzas para las seis DSSC (Autoría propia).</i>	8
<i>Figura 4 Prueba ANOVA de un solo factor para las nueve DSSC (Autoría propia).</i>	9
<i>Figura 5 Intervalos de confianza del 95% para las DSSC (Autoría propia).</i>	10

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Valores de voltaje (milivoltios) e intensidad (micro amperios) medidos en el laboratorio.</i>	3
<i>Tabla 2 Valores en voltaje (voltios) e intensidad (amperios) obtenidos en el laboratorio.</i>	3
<i>Tabla 3 Valores de potencia en vatios obtenidos en el laboratorio.</i>	4
<i>Tabla 4 Valores de voltaje (milivoltios) e intensidad (microamperios) medidos en el solárium.</i>	4
<i>Tabla 5 Valores de voltaje (voltios) e intensidad (amperios) obtenidos en el solárium.</i>	5
<i>Tabla 6 Valores de potencia en vatios obtenidos en el solárium.</i>	5
<i>Tabla 7 Valores de voltaje (milivoltios) e intensidad (microamperios) medidos en el exterior.</i>	6
<i>Tabla 8 Valores de voltaje (voltios) e intensidad (amperios) obtenidos en el exterior.</i>	6
<i>Tabla 9 Valores de potencia en vatios obtenidos en el exterior.</i>	7
<i>Tabla 10 Eficiencia de las células solares (Autoría Propia).</i>	11

1. Introducción

Con el objetivo de comprobar cómo afectaría una reducción considerable de la resistencia del cátodo en las DSSC, se ha optado por crear unas células alternativas.

2. Montaje

El montaje es muy parecido al explicado en la memoria principal del TFG, salvo por estas modificaciones:

- El ánodo es una lámina ITO más larga que las utilizadas en el resto de DSSC.
- El cátodo es una lámina de vidrio normal, aislante, que ha sido recubierta por una cinta conductora adherible. La cara que queda expuesta de la cinta está cubierta de aluminio, por lo que conduce la electricidad.
- Al ser las láminas más largas, el área de la célula aumenta respecto a las DSSC normales. Pasan a ser de $1.5 \times 3.5 \text{ cm}$, es decir, 5.25 cm^2 o 0.000525 m^2 .
- El cátodo será cubierto de hollín al igual que hacíamos con las otras DSSC.

Ambas placas quedan preparadas como muestra la siguiente figura:

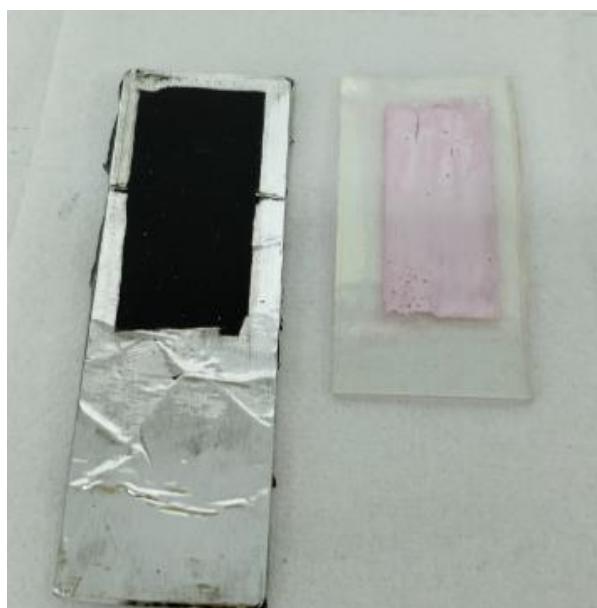


Figura 7 Partes de la DSSC larga alternativas (Autoría propia).

A parte de esta placa larga, que está impregnada con el tinte hecho a base de frambuesa, se han fabricado dos DSSC forradas en cinta.

Las diferencias respecto a la placa larga son:

- El tamaño de las placas es igual a las DSSC originales (0.000225 m^2).
- Están impregnadas en el tinte hecho con moras.

Los nombre y abreviaturas de las tres células son:

- DSSC de ITO tintada con moras forrada #0. “M I F 0” para abreviar.
- DSSC de ITO tintada con moras forrada #1. “M I F 1” para abreviar.
- DSSC de FTO larga tintada con frambuesas. “F L F” para abreviar.

Las medidas de las células han sido obtenidas en las mismas condiciones que las de la memoria principal, por lo que no se explicará en este anexo.

3. Valores obtenidos

3.1. Valores obtenidos en el laboratorio (entorno 1)

Tabla 1 Valores de voltaje (milivoltios) e intensidad (micro amperios) medidos en el laboratorio.

Valores en milivoltios y microamperios	Laboratorio					
	Voltaje (mV)			Intensidad (μ A)		
M I	2,5	1,8	2	1,3	1,7	1,4
M F 1	38	35	36	0,4	0,4	0,4
M F 2	15	11,6	12,8	1	0,95	1,1
M I F 0	640	680	620	1140	1050	1100
M I F 1	290	360	330	844	1100	950
F I	2,5	3	2,81	0,9	0,5	0,95
F F C F	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,45
F F C G	0,4	1	0,6	0,3	0,4	0,4
F L F	991	860	800	5100	5200	5100

Tabla 2 Valores en voltaje (voltios) e intensidad (amperios) obtenidos en el laboratorio.

Cambio de valores a voltios y amperios	Laboratorio					
	Voltaje (V)			Intensidad (A)		
M I	0,0025	0,0018	0,002	0,0000013	0,0000017	0,0000014
M F 1	0,038	0,035	0,036	0,0000004	0,0000004	0,0000004
M F 2	0,015	0,0116	0,0128	0,000001	0,00000095	0,0000011
M I F 0	0,64	0,68	0,62	0,00114	0,00105	0,0011
M I F 1	0,29	0,36	0,33	0,000844	0,0011	0,00095
F I	0,0025	0,003	0,00281	0,0000009	0,0000005	0,00000095
F F C F	0,0005	0,0004	0,0004	0,0000004	0,0000003	0,00000045
F F C G	0,0004	0,001	0,0006	0,0000003	0,0000004	0,0000004
F L F	0,991	0,86	0,8	0,0051	0,0052	0,0051

Tabla 3 Valores de potencia en vatios obtenidos en el laboratorio.

Potencia en vatios	Potencia (W)			Media
M I	3,25E-09	3,06E-09	2,8E-09	3,03667E-09
M F 1	1,52E-08	1,4E-08	1,44E-08	1,45333E-08
M F 2	1,5E-08	1,102E-08	1,408E-08	1,33667E-08
M I F 0	0,00073	0,000714	0,000682	0,000708533
M I F 1	0,000245	0,000396	0,0003135	0,000318087
F I	2,25E-09	1,5E-09	2,67E-09	2,13983E-09
F F C F	2E-10	1,2E-10	1,8E-10	1,66667E-10
F F C G	1,2E-10	4E-10	2,4E-10	2,53333E-10
F L F	0,005054	0,004472	0,00408	0,004535367

3.2. Valores obtenidos en el solárium (entorno 2)

Tabla 4 Valores de voltaje (milivoltios) e intensidad (microamperios) medidas en el solárium.

Valores en milivoltios y microamperios	Solárium					
	Voltaje (mV)			Intensidad (μA)		
M I	1,2	1	1,1	1,5	1,3	1,2
M F 1	37	34	35	0,13	0,4	0,3
M F 2	17,5	13,2	14,6	1,27	0,88	1,07
M I F 0	640	600	620	1040	1100	1020
M I F 1	380	330	310	1180	1150	1100
F I	3	2,5	2,2	1,6	1,4	1,5
F F C F	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4
F F C G	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2
F L F	820	800	840	4900	5100	5220

Tabla 5 Valores de voltaje (voltios) e intensidad (amperios) obtenidos en el solárium.

Cambio de valores a voltios y amperios	Solárium					
	Voltaje (V)			Intensidad (A)		
M I	0,0012	0,001	0,0011	0,0000015	0,0000013	0,0000012
M F 1	0,037	0,034	0,035	0,00000013	0,0000004	0,0000003
M F 2	0,0175	0,0132	0,0146	0,00000127	0,00000088	0,00000107
M I F 0	0,64	0,6	0,62	0,00104	0,0011	0,00102
M I F 1	0,38	0,33	0,31	0,00118	0,00115	0,0011
F I	0,003	0,0025	0,0022	0,0000016	0,0000014	0,0000015
F F C F	0,0004	0,0003	0,0004	0,0000003	0,0000003	0,0000004
F F C G	0,0001	0,0004	0,0002	0,0000001	0,0000002	0,0000002
F L F	0,82	0,8	0,84	0,0049	0,0051	0,00522

Tabla 6 Valores de potencia en vatios obtenidos en el solárium.

Potencia en vatios	Potencia (W)			Media
	1,8E-09	1,3E-09	1,32E-09	
M I	1,8E-09	1,3E-09	1,32E-09	1,47333E-09
M F 1	4,81E-09	1,36E-08	1,05E-08	9,63667E-09
M F 2	2,22E-08	1,16E-08	1,5622E-08	1,64877E-08
M I F 0	0,000666	0,00066	0,0006324	0,000652667
M I F 1	0,000448	0,00038	0,000341	0,000389633
F I	4,8E-09	3,5E-09	3,3E-09	3,86667E-09
F F C F	1,2E-10	9E-11	1,6E-10	1,23333E-10
F F C G	1E-11	8E-11	4E-11	4,33333E-11
F L F	0,004018	0,00408	0,0043848	0,004160933

3.3. Valores obtenidos en el exterior (entorno 3)

Tabla 7 Valores de voltaje (milivoltios) e intensidad (microamperios) medidos en el exterior.

Valores en milivoltios y microamperios	Exterior					
	Voltaje (mV)			Intensidad (μA)		
M I	0,9	1,1	1,1	1,3	1,1	1,2
M F 1	35	35	36	1,3	1,2	1,1
M F 2	38	38	35	1,5	1,1	1,2
M I F 0	500	400	360	1870	2130	1400
M I F 1	300	360	310	1200	1300	1100
F I	1,1	1,3	1,9	1,4	2,7	1,7
F F C F	0,4	0,2	1,1	0,3	0,2	0,8
F F C G	1,1	1,5	1,9	0,6	1	1,5
F L F	900	890	890	5000	5220	5500

Tabla 8 Valores de voltaje (voltios) e intensidad (amperios) obtenidos en el exterior.

Cambio de valores a voltios y amperios	Exterior					
	Voltaje (V)			Intensidad (A)		
M I	0,0009	0,0011	0,0011	0,0000013	0,0000011	0,0000012
M F 1	0,035	0,035	0,036	0,0000013	0,0000012	0,0000011
M F 2	0,038	0,038	0,035	0,0000015	0,0000011	0,0000012
M I F 0	0,5	0,4	0,36	0,00187	0,00213	0,0014
M I F 1	0,3	0,36	0,31	0,0012	0,0013	0,0011
F I	0,0011	0,0013	0,0019	0,0000014	0,0000027	0,0000017
F F C F	0,0004	0,0002	0,0011	0,0000003	0,0000002	0,0000008
F F C G	0,0011	0,0015	0,0019	0,0000006	0,000001	0,0000015
F L F	0,9	0,89	0,89	0,005	0,00522	0,0055

Tabla 9 Valores de potencia en vatios obtenidos en el exterior.

Potencia en vatios	Potencia (W)			Media
M I	1,17E-09	1,2E-09	1,32E-09	1,23333E-09
M F 1	4,55E-08	4,2E-08	3,96E-08	4,23667E-08
M F 2	5,7E-08	4,2E-08	4,2E-08	4,69333E-08
M I F 0	0,000935	0,00085	0,000504	0,000763667
M I F 1	0,00036	0,00047	0,000341	0,000389667
F I	1,54E-09	3,5E-09	3,23E-09	2,76E-09
F F C F	1,2E-10	4E-11	8,8E-10	3,46667E-10
F F C G	6,6E-10	1,5E-09	2,85E-09	1,67E-09
F L F	0,0045	0,00465	0,004895	0,004680267

Se ha hecho la media de las potencias medias de los tres entornos y, en la figura 2 se muestra la potencia media que ha generado cada una de las células

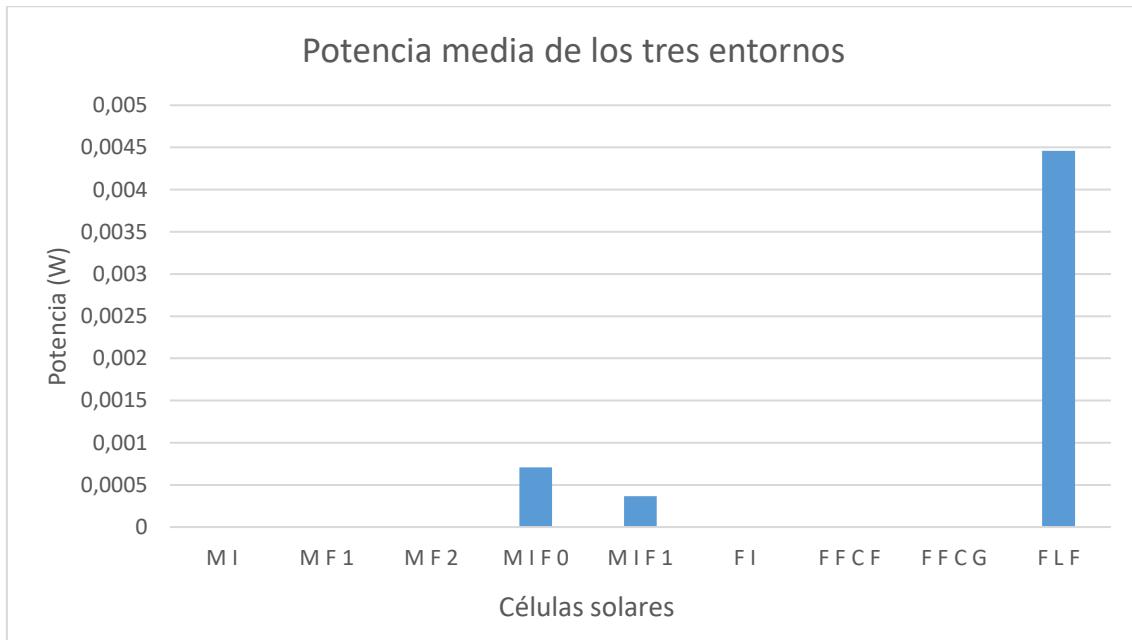


Figura 8 Potencia media de las tres DSSC en los tres entornos de medida.

Se puede ver claramente que tres de las seis DSSC destacan sobre las demás: “M I F 0”, “M I F 1” y “F L F”, siendo “F L F” la superior de las tres en cuanto a potencia entregada.

4. Análisis de resultados

Los valores que vamos a analizar van a ser los de la media de potencia, ya que engloban a los de voltaje e intensidad.

Para poder analizar de manera más exhaustiva los resultados utilizaremos el programa informático estadístico Minitab 17.

En primer lugar, analizaremos la igualdad de varianzas de los valores para confirmar si todas las varianzas son iguales, o si hay alguna diferente.

Hipótesis planteadas:

- Hipótesis nula (H_0): Todas las varianzas son iguales
- Hipótesis alternativa (H_1): Por lo menos una varianza es diferente

En este caso (nivel de confianza del 95 %) el *p*-valor es inferior de 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, como se puede ver en la figura siguiente:

Prueba de igualdad de varianzas: M I; M F 1; M F 2; M I F ... F C G; F L F

Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Muestra	N	Desv.Est.	IC
M I	3	0,0000000	(0,0000000; 0,0000000)
M F 1	3	0,0000000	(0,0000000; 0,0000003)
M F 2	3	0,0000000	(0,0000000; 0,0000004)
M I F 0	3	0,0000555	(0,0000229; 0,0010523)
M I F 1	3	0,0000413	(0,0000170; 0,0007834)
F I	3	0,0000000	(0,0000000; 0,0000000)
F F C F	3	0,0000000	(0,0000000; 0,0000000)
F F C G	3	0,0000000	(0,0000000; 0,0000000)
F L F	3	0,0002680	(0,0001105; 0,0050812)

Nivel de confianza individual = 99,4444%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	220,92	0,000

Figura 9 Prueba de igualdad de varianzas para las seis DSSC (Autoría propia).

Aceptamos con un nivel de confianza del 95 % que por lo menos una varianza es diferente, esto lo utilizaremos a la hora de hacer la siguiente prueba.

A continuación, haremos una prueba ANOVA: análisis de varianza unifactorial con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$) para comprobar si las medias de dos o más poblaciones son iguales o no, en nuestro caso las poblaciones son las seis células.

- Hipótesis nula (H_0): todas las medias son iguales
- Hipótesis alternativa (H_1): No todas las medias son iguales

En la siguiente figura se ve el resumen de la prueba:

ANOVA de un solo factor: M I; M F 1; M F 2; M I F 0; M I F ... C G; F L F

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

No se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	9	M I; M F 1; M F 2; M I F 0; M I F 1; F I; F F C F; F F C G; F L F

Prueba de Welch

Fuente	Num	GL		Valor p
		GL	Den	
Factor	8	6,74579	118,34	0,000

Comparaciones en parejas de Games-Howell

Agrupar información utilizando el método de Games-Howell y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
F L F	3	0,004459	A
M I F 0	3	0,000708	B
M I F 1	3	0,000366	C
M F 2	3	0,000000	D
M F 1	3	0,000000	D
F I	3	0,000000	D
M I	3	0,000000	D
F F C G	3	0,000000	D
F F C F	3	0,000000	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Games-Howel

Figura 10 Prueba ANOVA de un solo factor para las nueve DSSC (Autoría propia).

Se observa que el *p*-valor es menor de 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alterna de que no todas las medias son iguales.

En la parte inferior de la imagen se ve que, mediante el método de Games-Howell, la “F L F” es caracterizada como la mejor (A), seguida de “M I F 0” y “M I F 1” (B) y (C) respectivamente. El resto de placas caen en la categoría (D).

Esto quiere decir que, como era de esperar, las placas forradas con aluminio son bastante superiores en cuanto a valores ofrecidos que sus compañeras sin forrar.

En la siguiente figura se puede ver los intervalos de confianza del 95% de cada una de las DSSC enfrentadas entre sí:

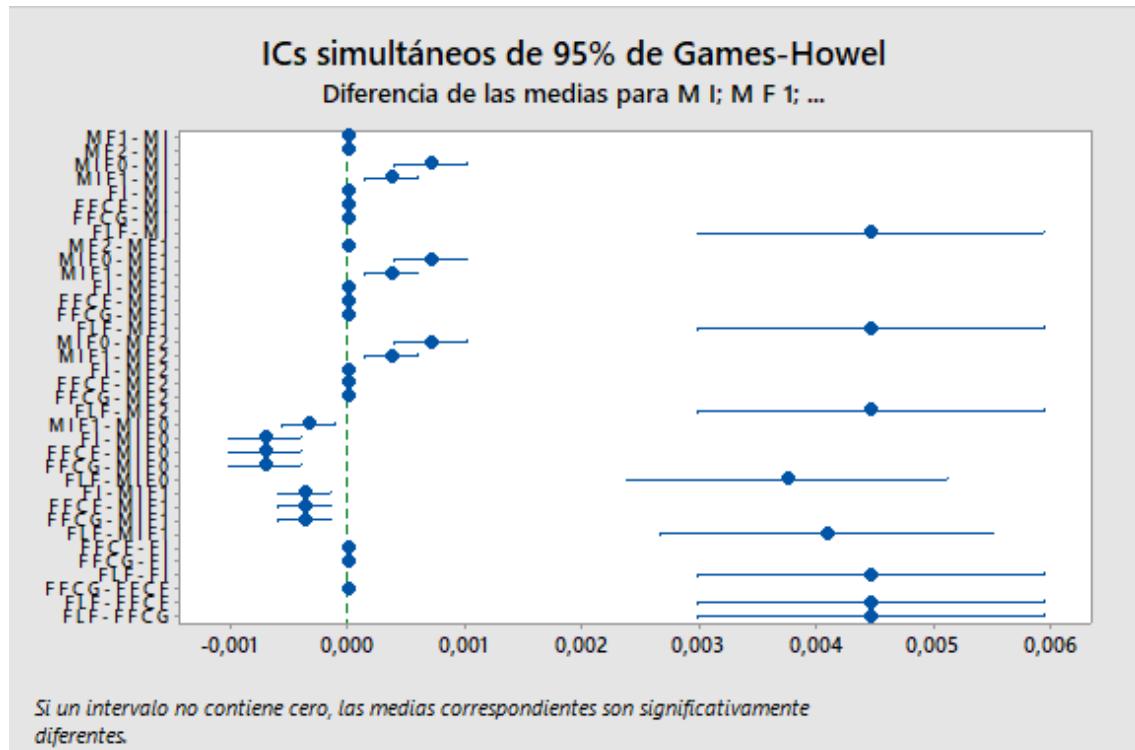


Figura 11 Intervalos de confianza del 95% para las DSSC (Autoría propia).

Esta gráfica se analiza tal y como se explica en la memoria principal.

Los resultados que arroja son que tanto la “M I F 0” como la “M I F 1” son superiores a las seis DSSC originales, siendo la “M I F 0” la mejor del par, y que, la “F L F” es muy superior a las demás DSSC en conjunto.

Aunque se vean claramente los resultados, vamos a calcular la eficiencia de todas las DSSC.

5. Cálculo de la eficiencia de las DSSC

Recordemos que la eficiencia (η) es el porcentaje de la potencia recibida que convierte la célula solar en potencia eléctrica [1] :

$$\eta = \frac{P_{max} (W)}{Irradiancia \left(\frac{W}{m^2} \right) \cdot \text{Área} (m^2)} \cdot 100 \ (%)$$

Conociendo:

- La potencia máxima que arroja cada una de las células (se escogerá la Pmax de entre todos los valores medidos entre todos los escenarios).
- El área de las células. Es decir, 1.5 cm x 1.5 cm (0.000225 m²) y 0.000525 m² para la “F L F”.
- Y la irradiancia que hemos calculado en el punto 9.2 de la memoria principal (14.64 W/m²).

Podemos calcular la eficiencia siguiendo la ecuación anterior:

Tabla 10 Eficiencia de las células solares (Autoría Propia).

Eficiencia (%)	
M I	0,0092896 %
M F 1	0,1381299 %
M F 2	0,1730419 %
M I F 0	28,3849423 %
M I F 1	14,20765027 %
F I	0,0145719 %
F F C F	0,0026715 %
F F C G	0,0086521 %
F L F	65,75722092 %

6. Conclusiones

El experimento ha sido todo un éxito, ya que se ha comprobado que tanto el recubrir el cátodo con el forro de aluminio, como el aumentar el área para una de las placas, aumenta drásticamente la eficiencia de las DSSC.

Siendo que con las DSSC originales nuestra eficiencia máxima era de un 0.17 %, ahora nuestra máxima eficiencia de las DSSC del mismo tamaño es de un 28 %, y de un 65.75 % en el cómputo general de todas las DSSC.

Bibliografía

- [1] ujaen, “Curva característica,” *[04]-LA CÉLULA SOLAR*. [Online]. Available: http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_04.htm. [Accessed: 08-Apr-2019].