

PROYECTO DE ELECTRÓNICA DE CONSUMO

NEVERA PELTIER CON ENERGÍA SOLAR



TRABAJO ELABORADO POR GRUPO 5:

-Alonso de la Hera Herrera

-Alejandro Trenado Diaz

- Marcos Romero Diez

INTRODUCCIÓN

Este documento realizado por los estudiantes de la ETSIT, de la Universidad Politécnica de Madrid, contiene la memoria de desarrollo de una nevera portátil alimentada por energía solar con refrigeración basada en células Peltier. Dentro de este documento encontraremos toda la información del diseño de la nevera, componentes electrónicos y no electrónicos, así como del proceso de fabricación.

La idea para desarrollar este producto nace de la necesidad de mantener refrigeradas ciertas sustancias en entornos donde no es posible acceder a la red de energía eléctrica o a otra fuente cualquiera de electricidad. Su uso puede estar destinado tanto al ocio como a la preservación industrial de sustancias valiosas, véase alimentos, medicamentos, químicos, etc. De la misma forma incluye una conexión USB para la carga de dispositivos electrónicos.

INDICE

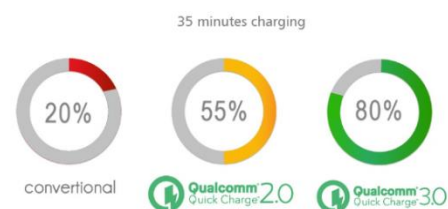
1.	Especificaciones técnicas.....	Pag. 3
2.	Manual de instrucciones	Pag. 4
3.	Precauciones y mantenimiento	Pag. 5
4.	Introducción del diseño.....	Pag. 6
5.	Diseño mecánico	Pag. 8
6.	Diseño electrónico	Pag. 9
7.	Diseño software	Pag. 10
8.	Fabricación y empaquetado	Pag. 11
9.	Almacenaje, distribución y medios de venta	Pag. 12
10.	Anexo I: Estudio del comportamiento de las celulas Peltier.....	Pag. 13
11.	Anexo II: Prototipo.....	Pag. 18
12.	Bibliografía.....	Pag. 20

1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Características de la nevera:



- Apta para enfriar y calentar.
- Ideal para el uso en camping, viajes y compras.
- Potente sistema de refrigeración y calefacción de libre mantenimiento gracias a las células Peltier de alto rendimiento.
- Enfriamiento por ventilador integrado.
- Función de ahorro de energía.
- Conexión mediante BLE al smartphone.
- Carcasa de doble pared con aislamiento de espuma de poliuretano.
- Acabado de alta calidad en acero revestido con polipropileno.
- Goma de sellado especial en la tapa reduce la condensación.
- Conexión USB con tecnología Qualcomm Quick Charge™ 3.0.
- Asa plegable.
- Tapa extraíble.
- Interruptor de encendido y apagado.
- Compatible con placas solares y baterías.
- Sensores de temperatura para seguridad de componentes.



Modelo		NV00	NV00N	NV00P
V in (DC)	[V]	12	12	5
I max	[A]	6	6	3
Consumo	[W]	72	72	15
Capacidad	[l]	18	18	0.5
Peso	[kg]	2.5	1.5	1
Dimensiones [mm ³]	Ancho x Profundidad x Alto	400x280x190	400x280x190	60x60x200
ΔT	[°C]	± 50	± 50	± 30
Incluye baterías		✓	✗	✗
Capacidad	[Ah]	16	-	-
Incluye panel solar		✓	✗	✓
Pmax del panel [W]		81.87 ó 96	-	23.5
LCD		✓	✓	✗
BLE		✓	✓	✓



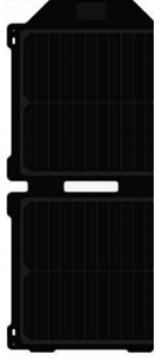
2. MANUAL DE INSTRUCCIONES

El producto cuenta con los siguientes elementos:

- Tapa:
 - Botón ON/OFF
 - Conector USB con tecnología Qualcomm Quick Charge™ 3.0.
 - Conector Jack alimentación del dispositivo.
 - Conector Jack para baterías.
 - Botón para activar el BLE.
 - LED Azul que indica el estado del Bluetooth.
 - LED Amarillo que indica funcionamiento.
 - Los modelos NV00 y NV00N además incluyen:
 - Display LCD para la visualización de los distintos datos.
 - Botones para el control del termostato.

- Cuerpo:
 - Asa que permite el transporte, cierre y la apertura, así como retirar la tapa.

Si ha adquirido uno de los modelos NV00 o NV00P, su nevera vendrá acompañada de un panel solar de las siguientes características:

Modelo	NV00	NV00	NV00P
Tipo de panel	Flexible	Plegable	Plegable
Modelo del panel	TXP80Q	FRb-96	FRb-24
Pmax [W]	81.87	96	23.5
Colores	-	Negro/Rojo/Oliva/Kaki/Camuflaje	
Imagen			

3.PRECAUCIONES Y MANTENIMIENTO

La nevera lleva integrada en su tapa componentes electrónicos y mecánicos con los que hay que tomar ciertas precauciones:

Precauciones:

- NUNCA sentarse sobre la nevera.
- La nevera está alimentada eléctricamente con 12 V (DC).
- Los componentes electrónicos están situados en la tapa en su mayoría por lo que no deberá estar expuesta al ataque del polvo, al derrame de líquidos, a una intensa luz solar, a fuentes de calor intenso, etc.
- No deberá sufrir golpes, caídas ni ningún tipo de estrés físico.
- Colocar lejos del alcance de fuentes de calor externas.
- En momentos de uso a máxima potencia parte del dispositivo puede calentarse excesivamente.
- La nevera cuenta con un sistema de seguridad para evitar sobrecalentamientos causados por su propio funcionamiento. Si se indica exceso de calor en alguno de los componentes la nevera detendrá su función de enfriamiento/calentamiento.
- Nunca cubrir con telas.

Mantenimiento:

Problema	Solución
Cable roto	Reemplazo inmediato
Cable pelado	Reemplazo inmediato
Disminución de la vida útil de las baterías	Reemplazo inmediato
Cambio en el comportamiento (no enciende un Led, no enfría..)	Contacte con servicio técnico

*La empresa no se hace responsable de daños causados por el mal uso del dispositivo.

**La empresa no se hace responsable de daños a dispositivos electrónicos, causados directa o indirectamente.

4.INTRODUCCIÓN DEL DISEÑO

La siguiente figura muestra un diagrama de nuestro diseño:

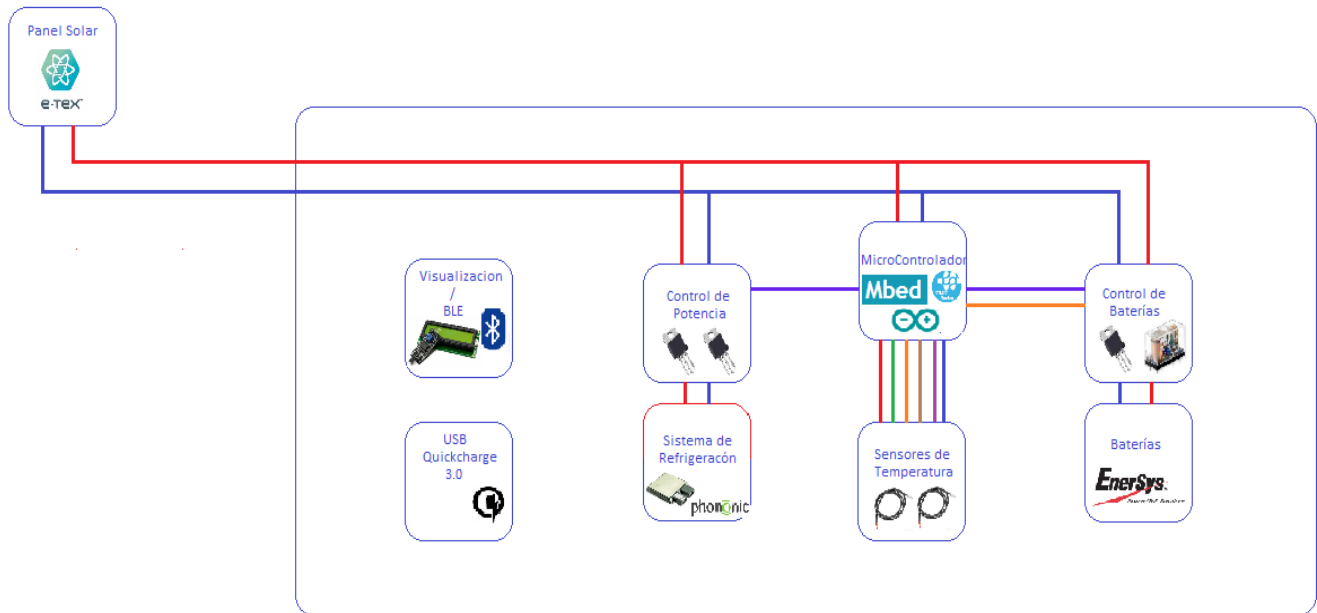


Figura 1

El componente fundamental es el Microcontrolador, el cual se encarga de toda la carga de proceso necesaria para que el sistema funcione correctamente. Hemos basado nuestro diseño en el Núcleo L-152RE, programado desde la plataforma Mbed que permite portar el código a cualquiera de las placas compatibles que aparecen en el siguiente enlace [\(1\)](#).

arm MBED

Para la elección de los paneles solares hemos decidido contar con la empresa Textil Energy perteneciente a la Universidad Politécnica de Valencia [\(2\)](#). Textil Energy ha desarrollado una tecnología solar revolucionaria con células IBC de mejores características que las células solares convencionales.



Para el sistema de refrigeración hemos decidido hacer un montaje con células peltier en cascada con su correspondiente sistema de disipadores. Cabe destacar la empresa estadounidense Phononic [\(3\)](#) que ha desarrollado un sistema de refrigeración sólida equivalente al de un compresor de frigorífico.

phononic

El sistema de baterías del modelo NV00 están constituidas por módulos de la batería Cyclon de la empresa americana EnerSys [\(4\)](#) formando una unidad de 12V.



El conector USB posee la tecnología Qualcomm Quick Charge™, para ello nos hemos apoyado en el chip NCP4371AACDR2G [\(5\)](#) de ON Semiconductor [\(6\)](#)



En cuanto a las sondas usaremos unas con sensor de temperatura cuyo modelo es el 2M NTC de la empresa Sodial [\(7\)](#).



Para el modulo de visualización optamos por un LCD de 2x16 segmentos de la marca Sparkfun Electronics y de modelo ADM1602K [\(8\)](#).

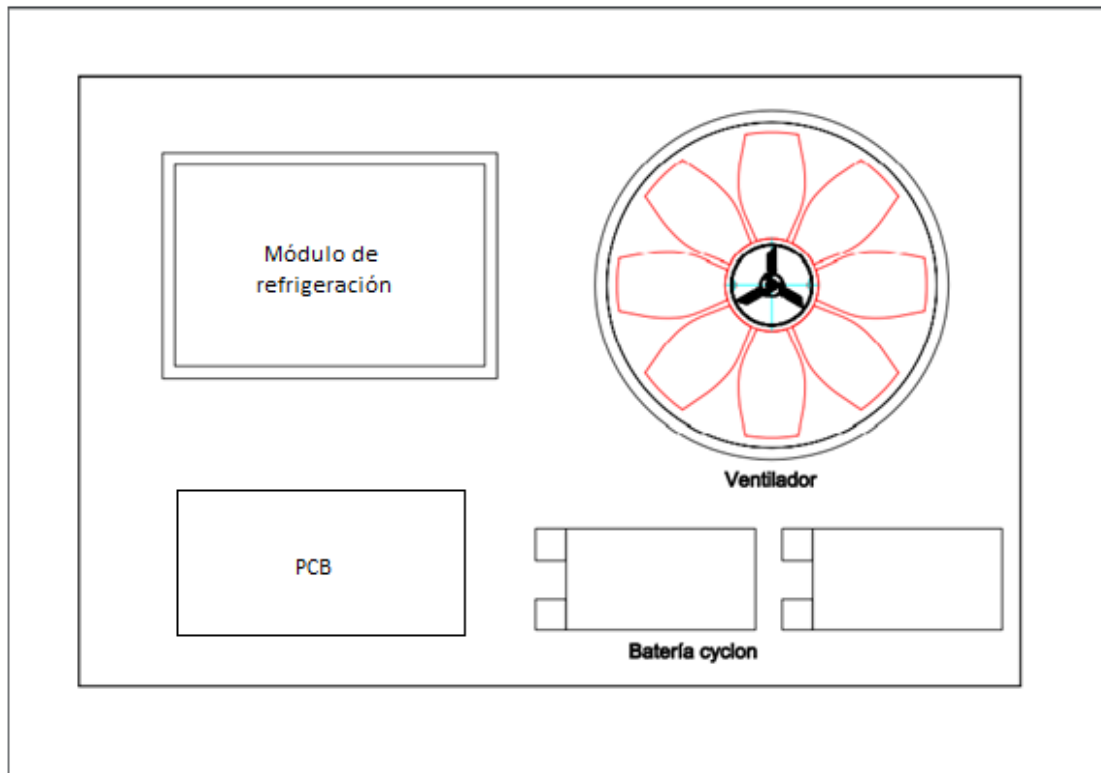


En lo relacionado a la etapa de potencia que alimenta al sistema refrigerador optamos por el diseño de un circuito de corriente continua regulada por el μP , por ello no utilizaremos ningún sistema comercial y optamos por el diseño completo.

5. DISEÑO MECÁNICO

El siguiente diagrama muestra la distribución de los componentes en la tapa de los modelos NV00 y NV00N

Figura 2



A continuación mostramos unos bocetos del diseño final del producto:



Modelo NV00 y NV00N



Modelo NV00P

6. DISEÑO ELECTRÓNICO

El esquema eléctrico viene definido por el diagrama de la Figura 1. El desarrollo de este apartado contempla la integración de todo el sistema en una única PCB que incluya todos los componentes a excepción del modulo LCD que ira conectado con cables.

En la entrada del sistema nos encontraremos con un convertidor DC-DC que estabiliza la tensión a 12V. En la salida de dicho convertidor se encontraran conectados en paralelo:

- El microprocesador y toda la circuitería necesaria para su funcionamiento:
 - Si se basa el diseño en una placa ya existente de código libre habrá que realizar una expansión de la misma para añadir los componentes siguientes de esta lista.
- La etapa de potencia.
 - En este caso hemos realizado pruebas con un puente H, ya que los resultados no han sido satisfactorios el diseño consistirá en una fuente de tensión regulable controlada por el μ P.
 - A su salida se encuentran conectadas
 - Las células Peltier.
 - El ventilador que controla el flujo de aire en ambas caras del modulo refrigerador.
- El cargador USB.
 - Basado en el chip NCP4371AACDR2G, en el datasheet muestran un ejemplo de cómo configurar la circuitería necesaria para que el sistema funcione, será necesario adaptarlo a nuestros requisitos.
- El sistema de control de carga de las baterías.
 - Ya que se trata de un puerto bidireccional hemos optado por elegir un relé de estado sólido para un control sencillo pero correcto del sistema.
- Sondas de temperatura.
 - Necesitaremos 5 sondas:
 - 1xTemperatura ambiente.
 - 2xTemperatura en los disipadores.
 - 1xTemperatura interna de la nevera.
 - 1xTemperatura de las baterías.
 - Tienen 3 conectores (V+, GND y salida analógica)
- LED Azul para indicar que el Bluetooth se encuentra activo
- LED Amarillo para indicar el funcionamiento del modulo de refrigeración
- Módulo BLE (en caso de que la placa de la cual partamos para desarrollar el producto final no lo incluya).

7. DISEÑO SOFTWARE

Hemos basado el funcionamiento en una maquina de estados que tiene el siguiente diagrama:

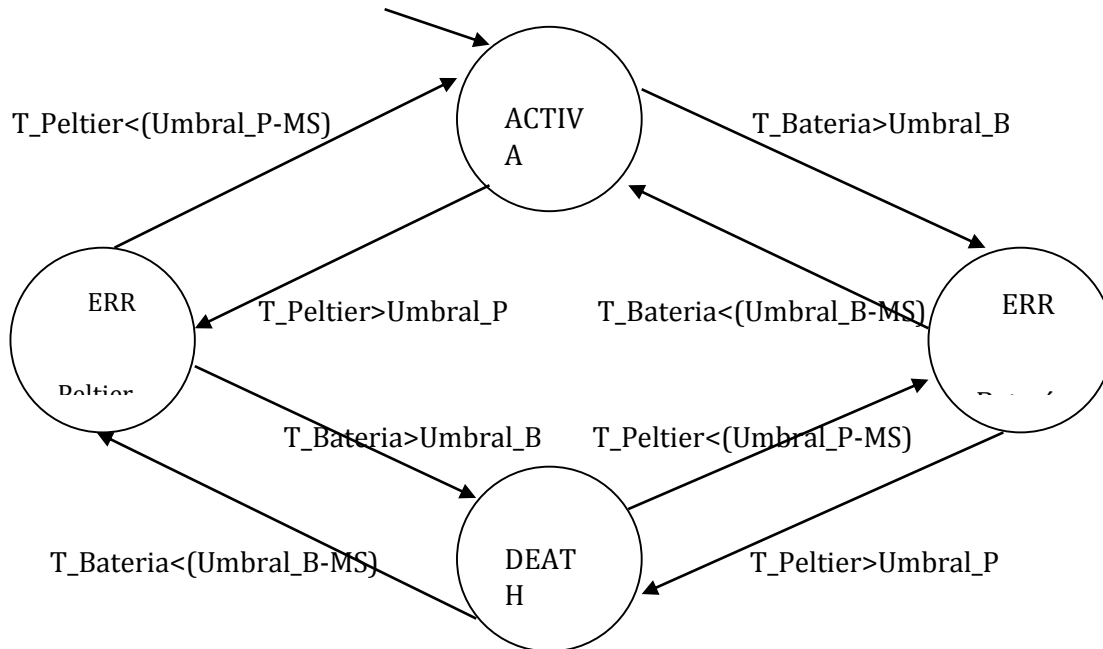


Figura 3

De esta manera, si alguna de las sondas de temperatura detecta una temperatura mayor que el umbral definido por cada tipo de dispositivo, el controlador pasará a estar en condición de error hasta que el sistema detecte una bajada de temperatura (lo suficientemente grande como para que el funcionamiento no sea peligroso).

El control de la temperatura interna de la nevera se lleva a cabo siempre que no haya un error en la temperatura de las Peltier (en este caso en los estados "ACTIVA" y "ERR Batería"). Hemos diseñado un controlador basado en un algoritmo PID (Proporcional, Integral y Diferencial) el cual evalúa la temperatura actual del sistema comparándola con la temperatura de referencia a alcanzar (definida por el usuario) y de esta forma gestiona el ciclo de trabajo de las señales PWM que alimentan la etapa de potencia.

Paralelamente a este sistema hemos desarrollado un modulo de visualización que actualiza un LCD, controlado por dos pines que hacen la función de puerto serie. Dicha actualización se realiza periódicamente y es posible elegir cuales de los parámetros se desean visualizar:

- Temperatura interna de la nevera.
- Temperaturas del modulo refrigerador.
- Temperatura de las baterías.
- Carga total de las baterías.

Para los modelos NV00 y NV00N incluimos el sistema de control de termostato mediante interrupciones activadas mediante un pulsador, con su correspondiente sistema anti-rebote.

Por último nos falta implementar el código y la aplicación para Android/IOs. De esta forma el control y la visualización de los parámetros se realizará mediante un módulo BLE..

8.FABRICACIÓN Y EMPAQUETADO

Para la fabricación del producto contactamos con la empresa Würth Elektronik [\(9\)](#) (con sede en Madrid) que nos provee del material y del desarrollo (tanto maquinaria como equipo de ingenieros) por los precios establecidos a continuación:



COMPONENTE	PRECIO
ESQUEMÁTICO A PLACA	200 €
SERIGRAFÍA (Stencil)	150€
PRORAMACION DE MÁQUINAS PICK AND PLACE	500€
PROCESADOR + COMPONENTES	15€/PLACA
SONDAS	2.5€/UNIDAD
PELTIER	1.5€/UNIDAD
FABRICACIÓN DE NEVERA	10€/UNIDAD

Los componentes los compramos online a través de empresas como Digikey [\(10\)](#) o Farnell [\(11\)](#).

El empaquetado nos lo suministrará la empresa Caja Cartón [\(12\)](#), que nos proveerá del perfecto acondicionamiento de la nevera para el transporte formado por una caja de cartón (de canal doble para evitar que cualquier tipo de golpe se vea amortiguado), y un plástico de burbujas que recubra el producto. Ambos accesorios nos costara 1.56 €/caja siendo este el más caro de toda la gama ya que es calculado para las mayores dimensiones de nuestro producto.

Modelo	NV00	NV00N	NV00P
Capacidad [l]	18	18	0.5
Peso [kg]	1.5	2.5	1
Dimensiones [mm ³] Ancho x Profundidad x Alto	400x280x190	400x280x190	60x60x200
Incluye baterías	✓	✗	✗
Incluye panel solar	✓	✗	✓
LCD	✓	✓	✗
BLE	✓	✓	✓
Precio caja [€]	1.56	1.4	1.2

Después del análisis de precios anterior obtenemos la siguiente tabla con los precios de nuestros productos:

PRODUCTO FINAL	PRECIO
NV00	300€
NV00N	200€
NV00P	150€

9. ALMACENAJE, DISTRIBUCIÓN Y MEDIOS DE VENTA

El almacenaje de nuestros productos correrá a cuenta de la empresa con sede en Madrid Trangesa (13) cuyos precios son de 4.2€/m² por mes debido a que tenemos más de un product, lo que encarece el resultado.



En cuanto al transporte será una empresa paralela denominada Bahia (14), cuyos precios dependen del kilometraje realizado por los vehículos, a lo que calculamos que nos costaría mensualmente unos 505,68€.



Para nuestra publicidad usaremos las redes sociales y crearemos una página web en la que anunciar nuestros productos.



10. ANEXO I: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CELULAS PELTIER

Para entender el funcionamiento Peltier consultamos esta URL [\(13\)](#)

En un principio solamente contábamos con una Peltier, comprada por nosotros, de modelo TEC1-12705. Posteriormente conseguimos dos placas TEC1-12706, suministradas por nuestro tutor.

Primero probamos el funcionamiento de cada una individualmente, y posteriormente medimos diferentes distribuciones de las células para ver cual nos proporcionaba mejores temperaturas.

Todas las medidas se realizaron sin ventilación forzada de la parte caliente y a temperatura ambiente. Las gráficas las conseguimos con un código de Matlab y cada valor se corresponde con un promedio de 10 muestras por segundo.

Las gráficas las realizamos con el material del que disponíamos, por lo que estábamos limitados en potencia por las fuentes de alimentación y por la calidad del disipador.

Leyenda:

- Temperatura del lado caliente de la Peltier
- Temperatura ambiente
- Temperatura del lado frio de la Peltier

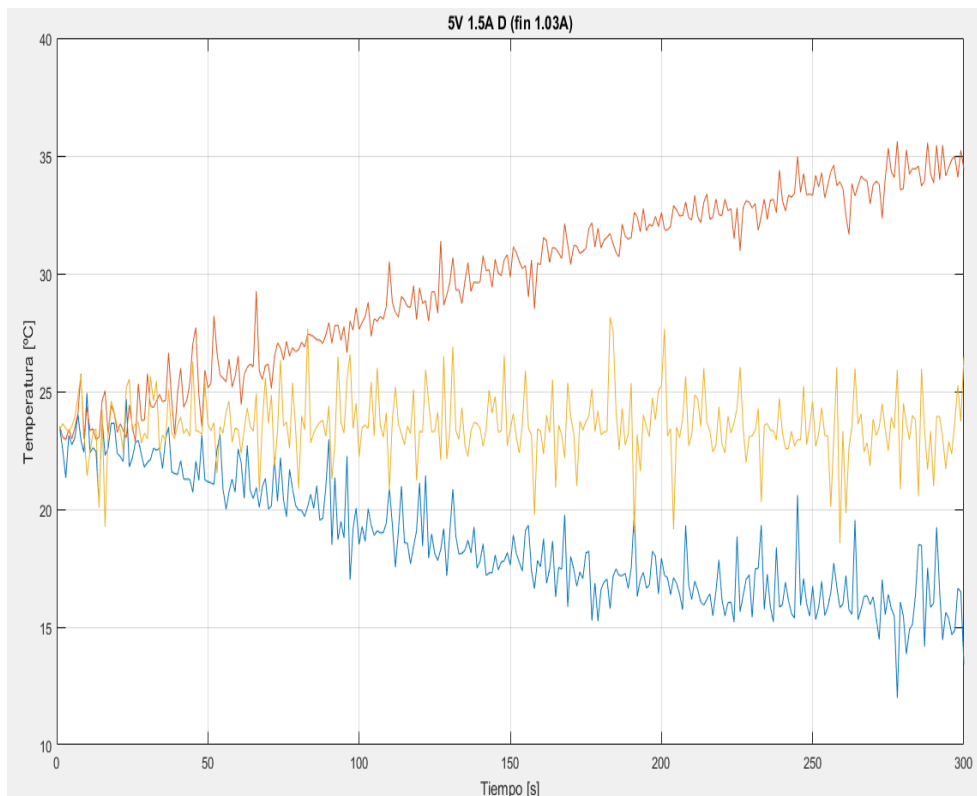
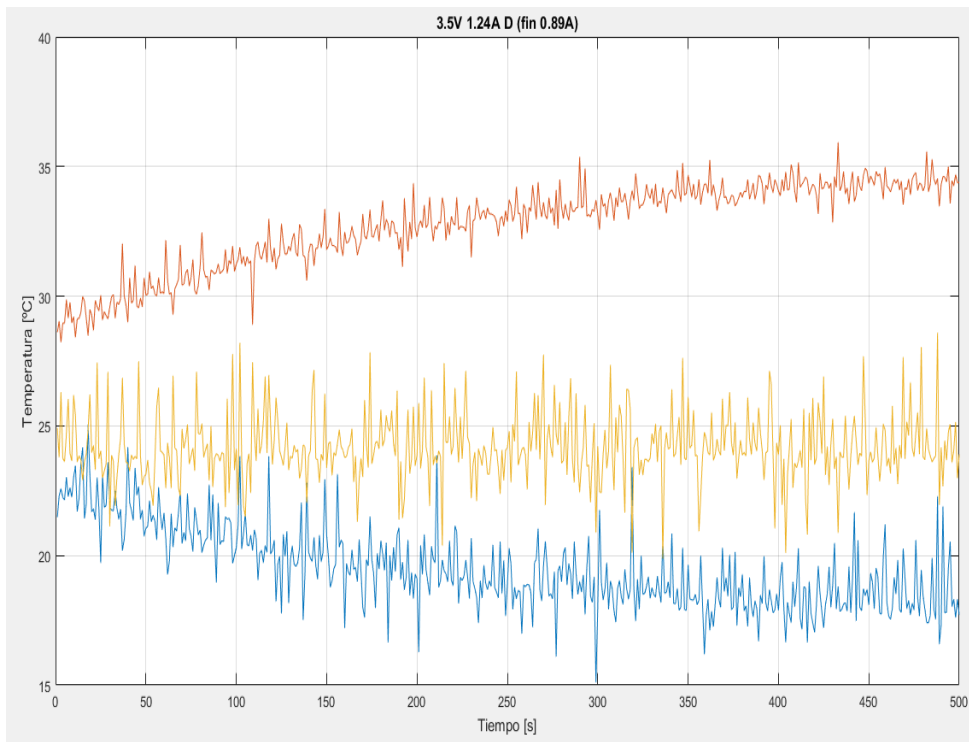
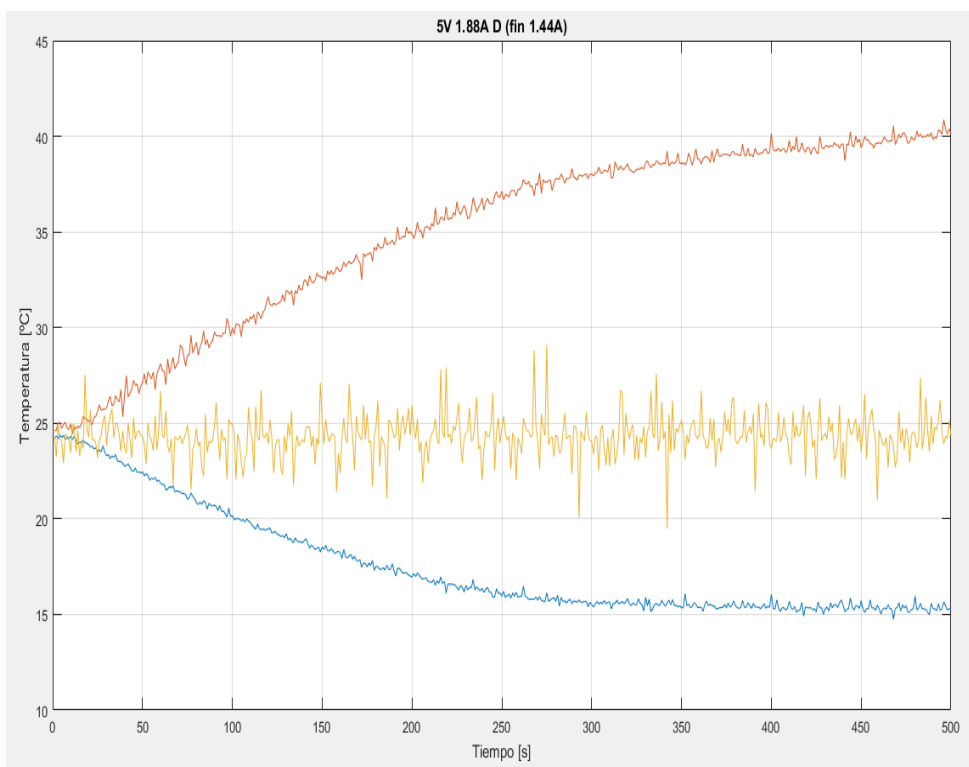


Figura -: grafica que corresponde con la distribución de una sola célula TEC1-12705 alimentada con 3.5 V



**Figura-: grafica que corresponde con la distribución de una sola célula
TEC1-12706 alimentada con 3.5 V**



**Figura-: grafica que corresponde con la distribución de una sola célula
TEC1-12706 alimentada con 5 V**

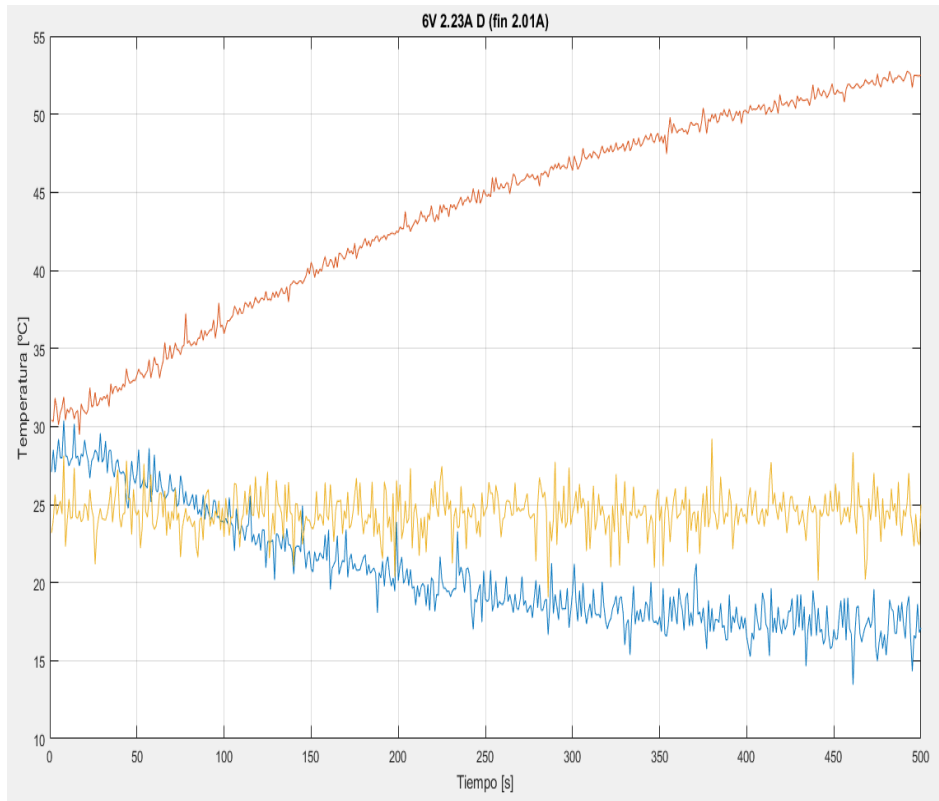


Figura-: grafica que corresponde con la distribución de una sola célula TEC1-12706 a máxima potencia

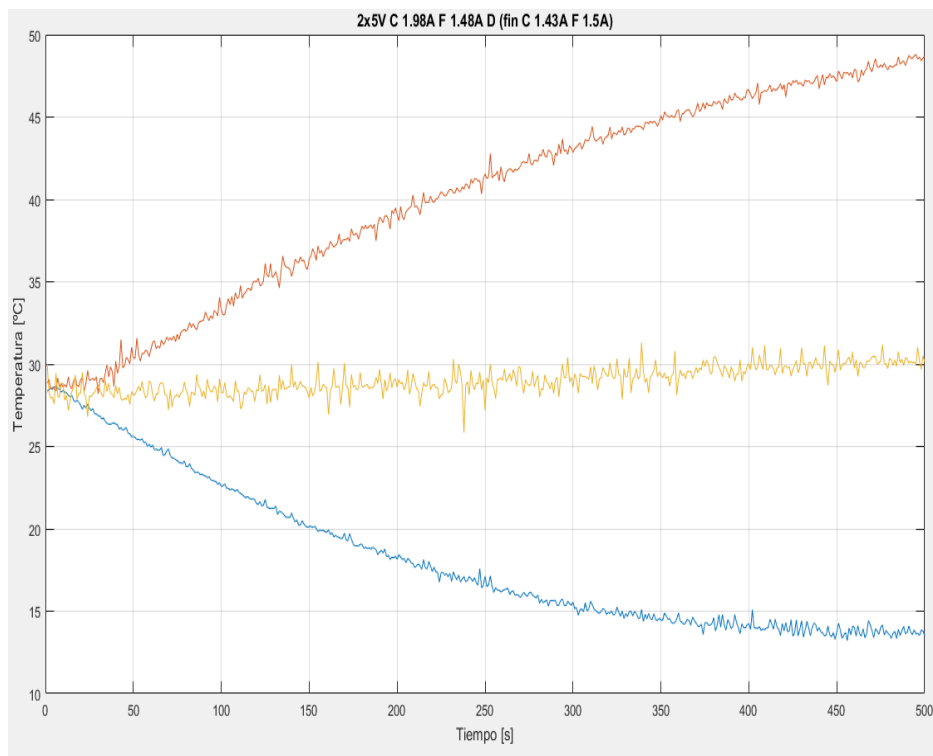


Figura-: grafica que corresponde con la distribución de dos células en paralelo TEC1-12706 a máxima potencia

La utilizada en nuestro prototipo tras los cálculos era una distribución alimentada en paralelo de dos células Peltier TEC1-12706 a 12 V y disipación forzada, cuya gráfica es la siguiente, alcanzando los 7 grados:

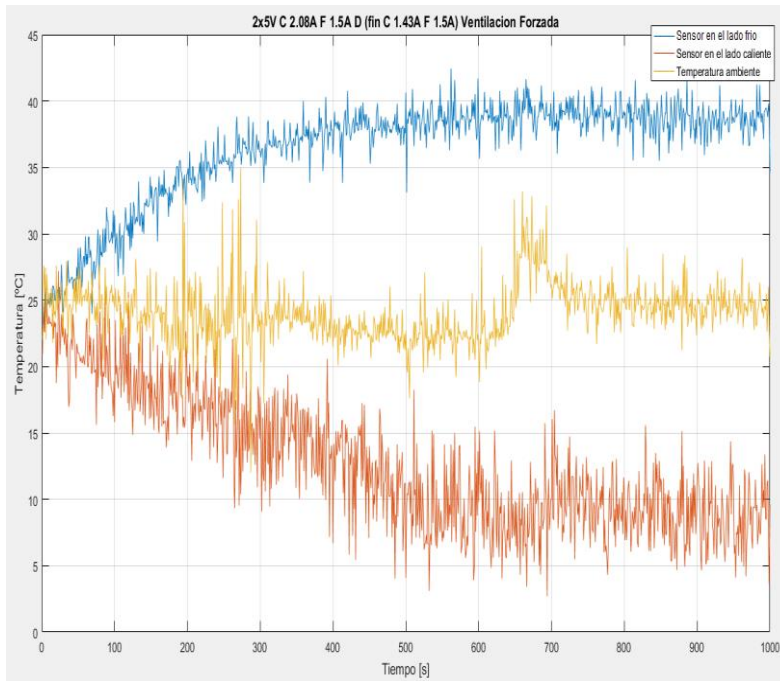


Figura-: grafica de temperaturas del prototipo

El ruido introducido por las sondas es el mostrado por la siguiente figura, debido a su existencia decidimos que cada muestra se forme por un promedio de 10:

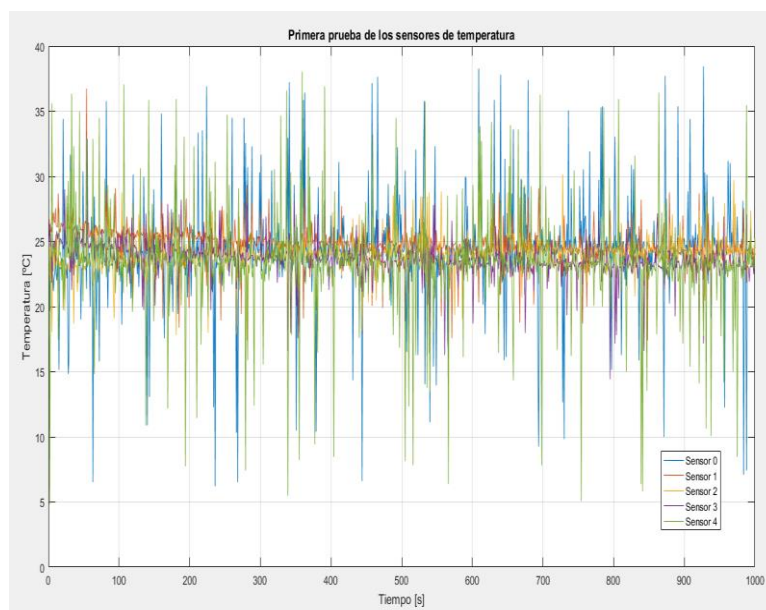


Figura-: grafica de temperaturas de las sondas a temperatura ambiente

Después de este estudio concluimos que es viable realizar el proyecto pero que es necesaria la utilización de un equipo de disipación de calor de mayor calidad que el que poseíamos.

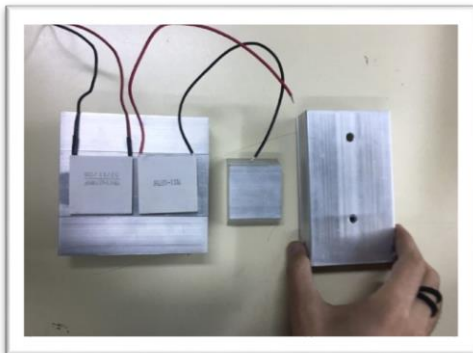
Otra conclusión interesante que hemos extraído, es que cuando las células Peltier consiguen estabilizar la temperatura en sus caras disminuye su consumo en unos 0.3A.

11. ANEXO II: PROTOTIPO

Para el desarrollo del prototipo hemos contado con los siguientes componentes:

- Nucleo L152RE programado desde la plataforma online mbed [\(14\)](#).
- Nucleo L6206 (puente H) para el control de las Peltier en cascada y la velocidad del ventilador.
- 2xTEC1-12706 (células Peltier).
- 5xLM35DZ y su cableado y circuitería correspondiente (sondas de temperatura).
- 1xInterruptor de encendido y apagado.
- 1xCargador USB que desmontamos del un adaptador de mechero de coche.
- 1xInterruptor para habilitar el USB.
- 2xJack hembra 2.1 mm:
 - Entrada de las placas solares.
 - Salida para una batería externa.
- 1xRelé de estado sólido para el control de carga de las baterías.
- 1xNevera comercial tamaño camping con los disipadores y el ventilador necesarios.
- 1xHD44780 (display LCD)
- 10m de cable de distintos colores
- Fuente de alimentación de ordenador.

A continuación incluimos algunas imágenes tomadas durante el desarrollo:

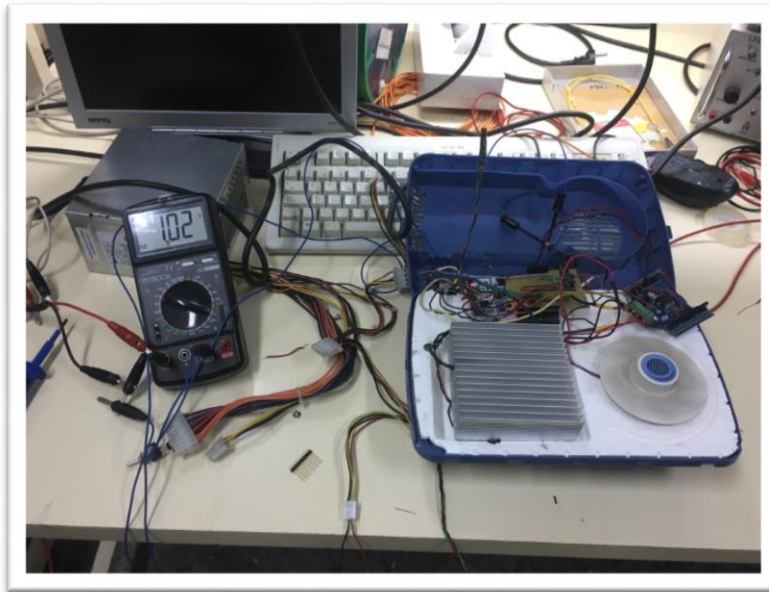


Peltier y disipadores

Sondas de temperatura



Tapa de la nevera con conectores e interruptores



Montaje final funcionando en el que se puede ver el consumo del sistema

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Información sobre el funcionamiento de las células Peltier (inglés):
<http://www.activecool.com/technotes/thermoelectric.html>
2. Información de cómo montar una fuente de tensión variable (con faltas de ortografía incluidas)
<https://amezquitakevin.wordpress.com/2015/12/09/fuente-de-voltaje-variable/>
3. Ejemplo de una nevera portátil con células Peltier (inglés)
<http://www.instructables.com/id/DIY-Peltier-Beverage-Cooler-Box/>
4. Ejemplo curioso de como aprovechar la acción dual de células Peltier (inglés)
<http://www.instructables.com/id/Can-Stove-Charger/>