



**Tecnológico  
de Monterrey**

## **Engineering Manual – Electrónica**

### **Selección de Fuente de Poder**

Diseño e implementación de sistemas mecatrónicos MR3002B

Grupo 501

Carlos Daniel López Montero - A01024473

27 de Abril 2023

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey

## Selección de fuente de poder y controladores de motor

### Establecimiento de objetivo

A lo largo de esta entrada al *Engineering Manual* en la sección de electrónica se establece cumplir con la siguiente meta, la cual fue establecida en el documento *Actividad 2.1. Definición de objetivos, justificación y resultados esperados*.

**Meta 1.4.** Tomando los resultados anteriores, realizar una investigación y selección preliminar de la fuente de poder a utilizar. En caso de ser necesario, investigar, diseñar y construir la fuente de poder.

### Resultados esperados

- Selección o plan de acción para el diseño y manufactura de la fuente de poder de acorde a requerimientos eléctricos necesarios.
- Proveer ideas para poder hacer que la fuente de poder sea intercambiable para poder proveer una primera propuesta de valor en el apartado de electrónica.

### Selección de componentes

Actualmente se conoce que el socio formador ya cuenta con una fuente de alimentación (Batería de tipo Li-Po, Turnigy 5000 mAh 5.0). Sin embargo, se nos notificó que esta fuente de poder solo contempla la alimentación del sistema de escaneado por lo que es necesario proponer un sistema de alimentación para el sistema.

Actualmente no se cuenta con la lista completa de componentes electrónicos, pero se conoce el tipo de motores a usar para la operación. Estos motores son del tipo Nema 17, los cuales tienen las siguientes especificaciones.


| Nombre del componente                             | Foto   | Especificaciones técnicas  | Link  |
|---|--|--|---|
| Motor Nema 17 Creality 42-40 (JK42HS40-1004A-02F) |  | Ángulo de paso de 1.8 grados<br>Voltaje Nominal de 3.9V<br>Corriente nominal de 1A por fase (2A totales)<br>Par nominal de 0.4 N*m | <a href="https://www.amazon.com.mx/Creality-3D-Motor-compatible-impresoras/dp/B0BP1FN7L3/ref=sr_1_2?keywords=creality+42-40&amp;qid=1682655017&amp;s=industrial&amp;sprifix=creality+42%2Cindustrial%2C107&amp;sr=1-2">https://www.amazon.com.mx/Creality-3D-Motor-compatible-impresoras/dp/B0BP1FN7L3/ref=sr_1_2?keywords=creality+42-40&amp;qid=1682655017&amp;s=industrial&amp;sprifix=creality+42%2Cindustrial%2C107&amp;sr=1-2</a> |

Tabla 1. Componentes motrices.

A continuación, se procede a estimar el consumo energético del microcontrolador. Como nota adicional, todos los microcontroladores trabajan a 5V; cabe recalcar que, aunque la primera opción trabaja internamente a 3.3V, se puede alimentar a 5V y se pueden emplear circuitos para poder usar circuitos de 5V en este microcontrolador.

- En caso de seleccionar una Raspberry Pi Zero W, el consumo pico es de 370mA.
- En caso de seleccionar una Teensy 4.1, el consumo pico es de 100mA. Añadiendo el módulo de comunicación inalámbrica se estima un consumo pico de 43mA (NRF24L01 + PA + LNA Con antena).
- En caso de seleccionar un Arduino Uno se estima un consumo 46mA, en el caso de un Arduino Mega se estima un consumo de 93 mA. Añadiendo el módulo de comunicación inalámbrica se estima un consumo pico de 43mA (NRF24L01 + PA + LNA Con antena).

Para efectos del cálculo, se usará el componente de mayor consumo el cuál tiene un consumo de 370mA.

Por último, se estima el consumo energético de la interfaz de control.

- En caso de ser interfaz de control local, se estima un consumo de 360mA por el uso de una pantalla.
- En caso de ser una interfaz de control inalámbrica, se estima un consumo máximo combinado (microcontrolador y pantalla) de 730mA. En este caso se emplearía una batería adicional.

Para efectos del cálculo, se usará el consumo local de 360mA.

A continuación, se procede a realizar el cálculo de consumo total de los componentes. Para realizar el cálculo se utilizará la siguiente fórmula.

$$\text{Voltaje de alimentación (V)} * \text{Corriente (A)} = \text{Watts (W)}$$

| Componente                        | Cantidad | Voltaje en Volts | Corriente en Amps | Watts  |
|-----------------------------------|----------|------------------|-------------------|--------|
| Motores (Voltaje Controlador)     | 2        | 24               | 2                 | 96     |
| Microcontrolador                  | 1        | 5                | 0.370             | 1.85   |
| Interfaz de control               | 1        | 5                | 0.360             | 1.8    |
| <b>Consumo total</b>              |          |                  |                   | 99.65  |
| <b>Consumo con margen del 50%</b> |          |                  |                   | 149.47 |

Tabla 2. Cálculo de consumos.

Cabe recalcar que los componentes deberán pasar por diferentes circuitos de acondicionamiento. El primer circuito es del tipo Buck-Boost para mantener la salida de la batería en 24V y el segundo es un Step-Down para proveer 5V al sistema. Se asume una eficiencia del 95% en ambos casos y la siguiente fórmula para calcular las pérdidas.

$$Watts (W) * 0.05 = pérdida (W) \dots [1]$$

Adicionalmente, se ajustan los consumos de corriente de los demás componentes a 24V y se agregan las perdidas a estos; se utiliza la siguiente fórmula.

$$\frac{Watts (W)}{Voltaje (V)} = Corriente (A)$$

| Componente                            | Cantidad | Voltaje en Volts  | Corriente en Amps | Watts  |
|---------------------------------------|----------|-------------------|-------------------|--------|
| Motores (Voltaje Controlador)         | 2        | 24                | 4.2               | 100.8  |
| Microcontrolador                      | 1        | 24 (5V step-down) | 0.08              | 1.94   |
| Interfaz de control                   | 1        | 24 (5V step-down) | 0.07              | 1.89   |
| <b>Consumo total (W)</b>              |          |                   |                   | 104.57 |
| <b>Consumo con margen del 50% (W)</b> |          |                   |                   | 156.85 |

Tabla 3. Consumos con pérdidas en el sistema.

Una vez conocido el consumo total teórico del sistema, podemos comenzar a definir los requerimientos de nuestro sistema. Como dato adicional, se llegó a la conclusión de operar los motores a 24V con tal de obtener la mayor cantidad de torque por parte de estos.

1. Voltaje nominal de 24V o aproximado.
2. Amperaje mínimo de 4.2A, con un margen del 50% de 6.3A.
3. Proveer un funcionamiento mínimo de 4-5 horas, es decir, tener capacidad de 29.04Ah a 36.30Ah. (la capacidad se obtiene de la siguiente ecuación:  $\frac{Tiempo\ descarga\ (Hrs) * Watts\ consumidos\ (W)}{Voltaje\ (V) * 0.9} = Capacidad\ (Ah).$ ) [2]
4. Ligera y compacta, con opción de realizar cambios rápidos en caso de ser necesario.

Tomando en cuenta estos requerimientos, se encontraron las siguientes opciones

- a) Batería de moto/batería sellada de ácido plomo. Se realizó una investigación en Steren y se encontró que las baterías disponibles tienen un límite de 12V, así como una capacidad máxima de 24Ah.



| Nombre del componente                         | Foto  | Especificaciones técnicas  | Precio   | Link  |
|---|---|--|----------|---|
| Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 12 Ah) |  | Voltaje nominal de 12V<br>Capacidad a 600mA de 12 Ah, 11Ah @ 1.1A, 10.2Ah @ 2.04A, 7.2Ah @ 7.2A, 5.55 Ah @ 22.2A<br>Dimensiones LxHxW 151mm x 91mm x 98mm<br>Peso de 4.2Kg | 749 MXN  | <a href="https://www.steren.com.mx/bateria-sellada-de-acido-plomo-12-vcc-12-ah.html">https://www.steren.com.mx/bateria-sellada-de-acido-plomo-12-vcc-12-ah.html</a> |
| Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 24 Ah) |  | Voltaje nominal de 12V<br>Capacidad de 24Ah (No se proporciona curvas de descarga)<br>Dimensiones LxHxW 308mm x 254mm x 154mm<br>Peso de 8.3Kg                             | 1590 MXN | <a href="https://www.steren.com.mx/bateria-sellada-de-acido-plomo-12-vcc-24-ah.html">https://www.steren.com.mx/bateria-sellada-de-acido-plomo-12-vcc-24-ah.html</a> |

Tabla 4. Pilas ácido plomo.

b) Batería Li-Po (de drones).


| Nombre del componente                                     | Foto  | Especificaciones técnicas  | Precio                  | Link  |
|---|---|--|-------------------------|---|
| Batería Lipo 6S de 22.2 V 100 C 7200 mAh con conector EC5 |  | Voltaje nominal de 22.2V<br>Capacidad de 7200 mAh y descarga máxima de 100C (720A)<br>Dimensiones LxHxW 153mm x 48mm x 54mm<br>Peso de 810g por pila | 5192.79 MXN<br>2 piezas | <a href="https://www.amazon.com.mx/So-cokin-conector-carreras-asociadas-paquetes/dp/B093WDCPZS/ref=sr_1_2?keywords=bater%C3%A1+li+po+6s&amp;qid=1682810888&amp;sr=8-2&amp;ufe=app_do%3Aamzn1.fos.66c34496-0d28-4d73-a0a1-97a8d87ec0b2">https://www.amazon.com.mx/So-cokin-conector-carreras-asociadas-paquetes/dp/B093WDCPZS/ref=sr_1_2?keywords=bater%C3%A1+li+po+6s&amp;qid=1682810888&amp;sr=8-2&amp;ufe=app_do%3Aamzn1.fos.66c34496-0d28-4d73-a0a1-97a8d87ec0b2</a> |

Tabla 5. Pilas Li-Po.

c) Batería Li-Ion (Baterías 18650).


| Nombre del componente           | Foto  | Especificaciones técnicas   | Precio                   | Link  |
|---------------------------------|---|---|--------------------------|---|
| Batería 18650 3.7V 2200mAh ±10% |  | Voltaje nominal de 3.7V<br>Capacidad de 2000 mAh y descarga máxima de 1C<br>Dimensiones LxD 65.50mm x 18.50mm<br>Peso de 43g por pila | 1642.68 MXN<br>54 piezas | <a href="https://uelectronics.com/product/o/bateria-18650-3-7v-2200mah/">https://uelectronics.com/product/o/bateria-18650-3-7v-2200mah/</a> |

Tabla 5. Pilas Li-Ion.

Una vez conocidas las opciones de baterías, se procede a calcular los siguientes parámetros para comprobar su viabilidad. Cabe recalcar que la batería en *letra cursiva* no se puede evaluar correctamente debido a la falta de hoja de especificaciones. El tiempo de descarga se obtiene de la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{Capacidad (Ah)} * \text{Voltaje (V)} * 0.9}{\text{Watts (W)}} = \text{Tiempo descarga (Hrs)}$$

| Batería  | Voltaje (V) | Corriente (A) | Capacidad (Ah) | Descarga @ 104.57W (Hrs) | Descarga @ 156.85W (Hrs) | Precio (MXN) | Peso (Kg) |
|--|-------------|---------------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------|-----------|
| Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 12 Ah                                       | 12          | 2.04          | 10.2           | 1.05                     | 0.7                      | 749          | 4.2       |
| Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 12 Ah (2 piezas en 1S2P)<br>Cálculo teórico | 12          | 4.02          | 20.4           | 2.08                     | 1.39                     | 1498         | 8.4       |
| Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 24 Ah)                                      | 12          | 6             | 24             | 2.47                     | 1.65                     | 1590         | 8.3       |
| Batería Lipo 6S de 22.2 V 100 C 7200 mAh con conector EC5 (2 piezas en 1S2P)       | 22.2        | 1440          | 14.40          | 2.75                     | 1.83                     | 5192.79      | 1.6       |
| Batería 18650 3.7V 2200mAh ±10% (54 piezas en 6S9P)                                | 22.2        | 19.80         | 19.80          | 3.78                     | 2.52                     | 1642.68      | 2.97      |

Tabla 6. Estimación del tiempo de descarga con pérdidas en Step Down y Buck Boost.

Como se puede apreciar en la tabla 6, las baterías elegidas no cumplen con el requerimiento 3; aunque cabe decir que la batería #5 en la tabla tiene la capacidad de cumplir con este. Usando 60 celdas, con un costo de 1825.5 MXN + BMS + cables, peso de 3.3Kg y tiempo de descargas de 4.2 y 2.8 respectivamente. Cabe recalcar que, el consumo de 156.85Wh da la oportunidad de actualizar el sistema para usar motores Nema23 (consumo de 3A); solo que al realizar este cambio se estaría trabajando sobre el margen de seguridad al 50%, dejando al sistema sin “factor de seguridad” en el consumo energético.

Analizando la tabla, y tomando en cuenta la flexibilidad que nos proporcionan las baterías 18650 al momento de configurar el voltaje, capacidad y amperaje de la batería, se llegó a la conclusión de que se utilizará la 5ta opción propuesta en la tabla 6.

### **Presentación de resultados**

- a) Selección o plan de acción para el diseño y manufactura de la fuente de poder de acorde a requerimientos eléctricos necesarios.

Se llegó a la conclusión de usar una batería en configuración 6S9P, con opción a actualización a un batería 6S10P o dos baterías 6S5P. La batería seleccionada nos permite proveer al sistema con hasta 19.80A continuos y 39.6A pico.

A pesar de que la batería pesa 2.97Kg, se llegó a la conclusión de que este tipo de batería proporciona la 2da mejor relación peso-potencia sin sacrificar costos como sucede con la 4ta opción en la tabla 6.

En cuanto al plan de manufactura, se requiere evaluación por parte del equipo y el socio formador para determinar si se continua con el sistema 6S9S (teniendo una sola batería) o si se implementa un sistema 6S5S x 2 para poder simplificar el proceso de manufactura de la batería.

- b) Proveer ideas para poder hacer que la fuente de poder sea intercambiable para poder proveer una primera propuesta de valor en el apartado de electrónica.

La batería propuesta permite tener la capacidad de intercambiar baterías, ya se manufacturando mas baterías con configuración 6S9P, o incluso reducir el tiempo de operación con una sola batería y proveer los servicios de manufactura al socio formador.

Además, por la naturaleza de la construcción de la batería, se puede emplear cualquier interfaz de conexión, permitiendo así flexibilidad a la hora de diseñar el soporte de la batería en el prototipo.

### **Referencias**

- [1]. Wesley, L. “Current Draw with Stepped Down Voltage”. Electrical Engineering – Stack Exchange. Available: <https://electronics.stackexchange.com/questions/337204/current-draw-with-stepped-down-voltage>
- [2]. ONK. “How to Calculate Battery Run Time”. ONK. Available: <https://www.dnkpowers.com/how-to-calculate-battery-run-time/>