



En este documento se plasma el estudio energético inicial que se ha realizado para considerar el desarrollo de un satélite del tipo **PocketQube 1P**. Se supone que el satélite se ha colocado en una **órbita LEO polar** con un periodo aproximado de **90 minutos**.

Asumimos que el consumo del satélite con el transmisor activo es de **1W (1000mW)**. Esto se correspondería con un transmisor de **0.25W** de una **eficiencia del 50%** (consumo total de **0.5W**) y dejando **0.5W** al resto de sistemas que consuman energía. Suponemos que apagando el transmisor y sistemas no esenciales se puede bajar el consumo total del satélite a **125mW**.

Un satélite de este tipo se caracteriza por tener forma de cubo con unas dimensiones externas de **5x5x5 cm** e internas de **4.7x4.7x4.7 cm**.

El número de paneles solares disponibles es de **5**. El tamaño de la batería debe ser muy reducido para poder ser alojada en una superficie de **4,7 centímetros cuadrados**. Tampoco puede tener demasiado volumen para no restar excesivo espacio al resto de subsistemas.

Asumimos una batería de **3.7V x 570mAh** (capacidad total de **2000mWh**).

Vamos a considerar un panel típico de **PocketQube** disponible comercialmente, cuyas características son las siguientes:

**1 sun, AM 1.5G (1000 W por metro cuadrado) a 25°C**

**$I_{sc} = 31\text{mA}$ ,  $V_{oc} = 15.12\text{V}$**

**$I_{mp} = 28\text{mA}$ ,  $V_{mp} = 13.14\text{V}$ ,  $P_{mp} = 368\text{mW}$**

Siendo los parámetros:  **$I_{sc}$**  – intensidad en cortocircuito,  **$V_{oc}$**  – voltaje en cortocircuito,  **$I_{mp}$**  – intensidad en el punto de máxima potencia,  **$V_{mp}$**  – voltaje en el punto de máxima potencia y  **$P_{mp}$**  – potencia máxima.

Si bien el satélite tiene **5 paneles** no todos van a estar iluminados simultáneamente. Como media, ya que además el satélite rota de una forma aleatoria, vamos a suponer que tan solo **1,25 paneles** están simultáneamente recibiendo luz del sol de forma significativa.

Esto nos da un total de potencia máxima de  **$368\text{mW} \times 1.25 = 460\text{mW}$**

Ahora bien, esa potencia sería la obtenida en condiciones óptimas de trabajo del panel. Vamos a suponer que de forma media se encuentra trabajando a **dos tercios de su punto óptimo**.

La potencia efectiva sería de  **$460\text{mW} \times 0.66 = 306\text{mW}$**

Debemos tener en cuenta que el satélite estará **en zona iluminada durante dos tercios de su órbita** y en **zona de eclipse durante el tercio restante**.

Por tanto, esta potencia de **306mW** estará disponible en **fase de iluminación** y será de **0mW** en **fase de eclipse**.

La potencia media a lo largo de una órbita será de  **$306\text{mW} \times 0.66 + 0\text{mW} \times 0.33 = 202\text{mW}$**

No obstante, vamos a ver lo que sucede a lo largo de una órbita completa.

Partamos de la base de que la batería está completamente cargada.

Durante la zona de iluminación los paneles estarán suministrando una media de **306mW**.



Por tanto, necesitamos obtener de la batería **1000mW – 306mW = 694mW** (recordamos que hemos supuesto un consumo total de energía en el satélite de **1000mW** con el repetidor activo).

La duración del paso por zona de luz sería aproximadamente **1 hora**. Durante esa hora habríamos consumido **694 mWh**, quedando aún en la batería disponibles **306mWh** (para no descargar más del **50%** de la misma). Esto suponiendo que el repetidor haya estado activo durante todo el tiempo.

En el momento de eclipse los paneles no suministran energía. Necesitamos obtener de la batería los **1000mW**. En la batería quedan tan solo **306mWh**, por tanto, se consumirían en unos **18 minutos**, dejando la batería con **1000mWh**.

El satélite tardaría unos **12 minutos en volver a la zona de luz** y comenzar a cargar la batería.

Suponiendo que cuando la batería se ha descargado a la mitad podemos reducir el consumo de los sistemas del satélite a **125mW** (dejando el ordenador de a bordo en modo 'dormido' y desactivando emisor y receptor) vamos a estudiar cuanto tiempo se tardaría en volver a cargarla al **100%**.

Cuando el satélite vuelve a la zona de luz, zona en la que estará aproximadamente una hora, la batería cargándose al ritmo máximo que posibiliten los paneles y suponiendo una **eficiencia de la carga del 90%** nos daría un tope máximo teórico de  $(306mW - 125mW) \times 0.90 = 163mWh$ . Por lo tanto, el cargar completamente la mitad de la batería que se ha descargado requeriría  $(1000 mW / 163 mWh) = 6 \text{ horas, equivalentes a } 6 \text{ órbitas completas}$  y a un tiempo de  $(6 \times 1.5h = 9 \text{ horas de inactividad})$  para volver a la situación inicial de plena carga.

## Conclusión

Esta configuración de satélite **pocketQube** con **5 paneles solares** de **368mW** de potencia cada uno y batería de **2000mWh** posibilita ciclos de aproximadamente **1 hora de operación** y **9 horas de inactividad (11% de tiempo de actividad)**. Esto quiere decir que **desde una misma posición geográfica se podría utilizar 2 veces al día el satélite**.

No obstante, esta configuración podría ser más flexible **activando el repetidor tan solo baja demanda** (por ejemplo, recibiendo un subtono que lo activase durante el pase de unos 15 minutos o tan solo mientras se siga recibiendo el subtono) pasando a modo 'escucha' y cargando batería hasta que se volviera a requerir su activación.

La condición de activación del repetidor **debería incluir que el nivel de carga de la batería sea de un mínimo** (por ejemplo, del 60%) aparte de la recepción del subtono de activación.

Daniel Estévez EA4GPZ

Felix Páez Pavón EA4GQS