

Octava Jornada de Investigación y Transferencia 5 – 7 mayo 2025

# SISTEMA DE PROPULSIÓN DE CUBESAT PARA MANTENIMIENTO DE ÓRBITA

Beron Guillermina, Ing. Mantelli Pablo, Dr. Ing. Delnero J. Sebastián.

UIDET – CTA – Centro Tecnológico Aeroespacial, Universidad Nacional de La Plata, Avenida 1 750, B1900 La Plata, Provincia de Buenos Aires.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de propulsión de satélites desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de órbitas y la ejecución de maniobras. Dentro de estos sistemas, la propulsión de gas frío es una de las alternativa más simples y confiables, especialmente para pequeños satélites como los CubeSats. Este tipo de propulsión se basa en la liberación controlada de un gas almacenado a alta presión a través de una tobera, generando empuje.

El presente trabajo se centra en el desarrollo conceptual de un sistema de propulsión de gas frío para CubeSats, con el objetivo de mantener la órbita de un satélite. Para ello se evaluará el  $\Delta V$  necesario, la estimación de la masa de propelente requerida y se desarrollará un diseño preliminar inicial del sistema.

## MARCO TEÓRICO Y DISEÑO

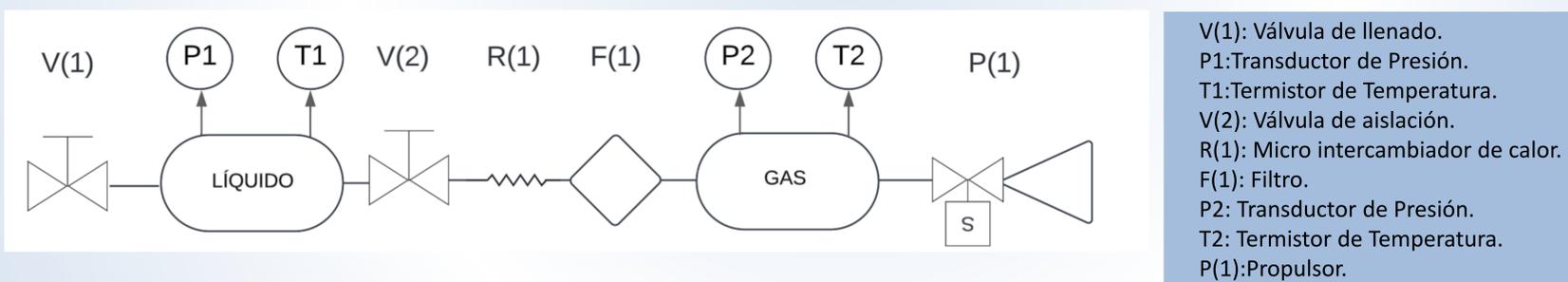
El  $\Delta V$  necesario para mantener la órbita durante un año se obtuvo mediante simulaciones en GMAT (General Mission Analysis Tool), conociendo este valor se puede calcular la masa del propelente necesaria utilizando la ecuación de cohete de Tsiolkovsky.

Para este sistema, se decidió realizar las correcciones de órbita cada una semana para asegurar una altitud estable, este es un valor realista, aunque puede variar considerablemente dependiendo de la misión específica que se lleve a cabo.

Resultados	
$\Delta V$ necesario por año	19 m/s
Masa de propelente total	0.458 kg
Masa de propelente por maniobra	0.009 kg
Impulso Total	223,62 Ns
Impulso Total por maniobra	4,37 Ns

Para el diseño se establecieron los siguientes requisitos: Ocupar un volumen máximo de 2U dentro del CubeSat, contener el propelente necesario para lograr el  $\Delta V$  calculado y generar un empuje controlado durante un determinado tiempo.

El sistema de propulsión se compone de diversos elementos diseñados para garantizar un suministro de gas preciso y eficiente hacia el propulsor, como se ve en el siguiente diagrama:



V(1): Válvula de llenado.  
P1: Transductor de Presión.  
T1: Termistor de Temperatura.  
V(2): Válvula de aislamiento.  
R(1): Micro intercambiador de calor.  
F(1): Filtro.  
P2: Transductor de Presión.  
T2: Termistor de Temperatura.  
P(1): Propulsor.

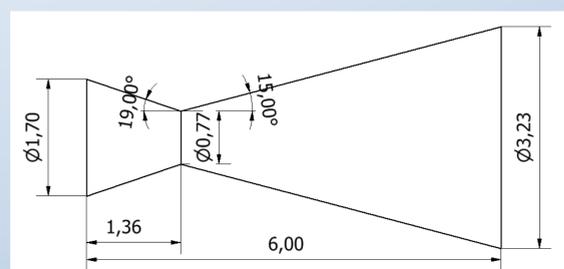
El combustible se carga en el tanque a través de una válvula de llenado y se almacena en estado líquido para optimizar la cantidad disponible en un volumen reducido. Al abrirse la válvula de aislamiento, el combustible fluye hacia un micro intercambiador de calor, donde se evapora. A continuación, atraviesa un filtro que retiene posibles partículas sólidas. Ya en estado gaseoso, el combustible se almacena en un segundo tanque hasta que se activa el propulsor. En ese momento, es expulsado a alta velocidad para generar empuje. El propulsor, componente clave del sistema, está formado por una tobera y una válvula solenoide. Esta última controla el suministro de combustible durante intervalos de tiempo determinados, generando así la fuerza requerida.

El refrigerante seleccionado para este sistema de propulsión es el R236fa, ampliamente utilizado en módulos comerciales.

## GEOMETRÍA

Para el dimensionamiento de los tanques, se consideraron las condiciones de presión y temperatura necesarias para almacenar el propelente en sus fases líquida y gaseosa. Respecto a la tobera, se estableció la presión de salida correspondiente a una altitud de 20 km, y su geometría fue diseñada para generar una fuerza de 1 N.

Diseño de Tobera	
Diámetro de entrada	1,7 mm
Diámetro de garganta	0,772 mm
Diámetro de Salida	3,23 mm
Empuje promedio	1,103 N



## CONCLUSIONES

Se estableció conceptualmente el sistema de propulsión de gas frío para el CubeSats, cumpliendo los requisitos iniciales. Se diseñaron los tanques de almacenamiento y se analizaron las condiciones de operación para determinar presiones y dimensiones óptimas. Además, se desarrolló la tobera y se definió la válvula de control considerando fuerzas y condiciones extremas. El estudio sentó las bases para un diseño preliminar del sistema de propulsión.