

# Proposal

February 2, 2023

## Resumen

Desde 2021 el grupo GISAT-ASTRG de la URJC desarrolla un solver genérico de resolución de problemas de control óptimo, de carácter numérico. Su simplicidad de fondo y el éxito del mismo en el diseño de trayectorias orbitales de bajo empuje en el problema Kepleriano y de Tres Cuerpos lo convierten en una herramienta prometedora para diseño de trayectorias óptimas y análisis de misión en el ámbito aeroespacial.

Sin embargo, el rápido desarrollo de la herramienta ha impedido hasta ahora un análisis crítico y objetivo de su implementación. Por otra parte, los casos de aplicación del mismo han estado restringidos hasta ahora a problemas de astrodinámica, a pesar del carácter universal de la formulación propuesta. Además y más recientemente, se han establecido conexiones del fundamento teórico del solver con otras herramientas de optimización de trayectoria, que aún están por explorar. Todas estas líneas abiertas motivan la propuesta de este TFG, que contribuirá notablemente al desarrollo de la primera versión de este solver y establecerá las bases para una segunda versión.

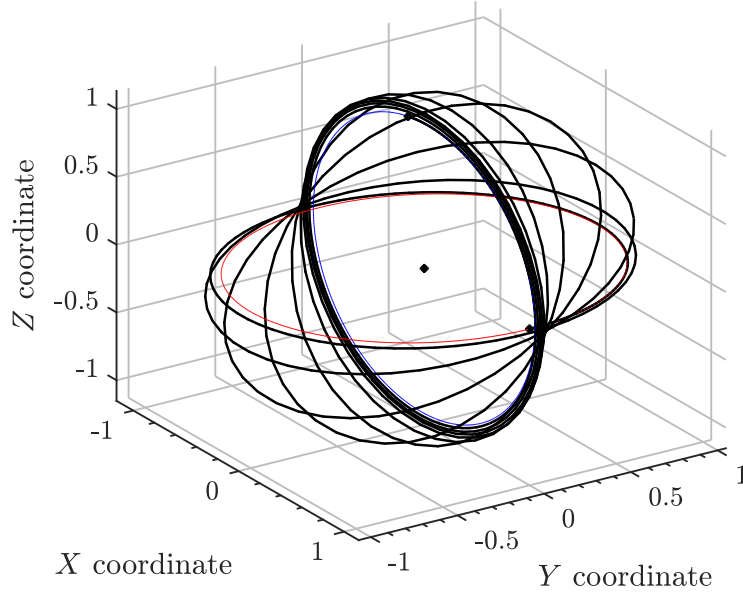


Figure 1: Low-thrust, fuel-optimal 90 deg inclination change using SBOPT

**Objetivo** Formular de manera definitiva una primera versión del solver desarrollado en la URJC para resolución de problemas de control óptimo. Análisis de performance e implementación de primeras mejoras.

## Posible índice

1. Planteamiento del problema y motivación del TFG.
2. Literature review. Métodos de resolución de problemas de control óptimo y formulación de nuestro algoritmo.
3. Análisis de la formulación y propuesta de mejoras: nuevas bases polinomiales, esquema de cuadratura, control del error numérico...
4. Comparativa del solver con el estado del arte: optimización convexa y métodos pseudoespectrales. Hibridación de métodos.
5. Casos de aplicación y análisis de performance del solver.

## Primeras lecturas

- Huo, M., Mengali, G., Quarta, A., Qi, N., Electric sail trajectory design with Bezier curve-based shaping approach, *Aerospace Science and Technology*, Volume 88, 2019, Pages 126-135, <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.03.023>.
- Fan, Z., Huo, M., Qi, J., Qi, N., Fast initial design of low-thrust multiple gravity-assist three-dimensional trajectories based on the Bezier shape-based method, *Acta Astronautica*, Volume 178, 2021, Pages 233-240, ISSN 0094-5765, <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.09.020>.
- Cuevas, S., Urrutxua, H., Solano-López, P., Shape-based low-thrust trajectory optimization enhanced via orthogonal functions, collocation and regularization, 5th International Workshop on Key Topics in Orbit Propagation Applied to SSA, 2022.
- Solano-López, P., Cuevas, S., Solá Molina, A., Urrutxua, H., An investigation on shape-based methods with different polynomial basis for low-thrust mission design, *EUCASS*, 2022.
- Betts, John T. *Practical Methods for Optimal Control and Estimation Using Nonlinear Programming*, Second Edition. 2010, Second. edition. Society for Industrial and Applied Mathematics. doi:10.1137/1.9780898718577
- Ross, I. Michael. *A Primer on Pontryagin's Principle in Optimal Control*, Collegiate Publishers, 2009.
- Morante, D. *Hybrid Multi-Objective Trajectory Optimization of Low-Thrust Space Mission Design*, Universidad Carlos III de Madrid, 2020.