

Aerotopología TCDS como Control Activo de Fronteras Geodésicas de Mínima Fricción en Fluidos Hipersónicos

Genaro Carrasco Ozuna
Instituto de Investigación TCDS

Enero 2026

Abstract

Este trabajo presenta una reformulación ingenieril de la Aerotopología TCDS como un marco de control activo de condiciones de frontera en flujos hipersónicos. Sin introducir cambios ontológicos en la termodinámica del gas, se demuestra que un campo de coherencia Σ puede ser interpretado como un operador de desacople dinámico sólido–fluído, capaz de reducir el intercambio efectivo de momento y energía en la pared. La aproximación preserva el formalismo matemático TCDS y establece métricas falsables compatibles con dinámica de fluidos clásica.

1 Introducción

Los límites actuales de la ingeniería aeroespacial —calentamiento hipersónico, ondas de choque estacionarias y disipación viscosa— pueden interpretarse, desde la Teoría Cromodinámica Sincrónica (TCDS), como manifestaciones de fricción informacional elevada (ϕ) entre un sólido y un fluido no sincronizados.

Este trabajo no postula nuevas fases termodinámicas del aire, sino un marco de *control activo de frontera*, donde la Aerotopología actúa sobre las condiciones de interacción, no sobre la naturaleza microscópica del fluido.

2 Isomorfismo TCDS: de la Nube de Oort a la Capa Límite

En estudios previos sobre la región trans-neptuniana, la TCDS describió la existencia de geodésicas de baja fricción ($\Phi \rightarrow 0$) asociadas a gradientes suaves de coherencia Σ . Dichas geodésicas no alteran la gravedad, sino que reorganizan trayectorias mediante geometría efectiva.

Este mismo principio isomórfico se aplica aquí a la aerodinámica: la capa límite se modela como una frontera donde el desacople de fases puede ser inducido sin modificar el régimen termodinámico global.

3 Definición Operativa del Campo Σ

En el presente encuadre, Σ no representa un estado cuántico del gas, sino un **campo de control activo de frontera**, implementado como un operador externo que modifica:

- la transferencia de momento normal a la pared,
- el esfuerzo cortante efectivo τ_{wall} ,

- la localización espacial del choque hipersónico.

El balance coherencial se mantiene como:

$$Q \cdot \Sigma = \phi$$

donde Q es el empuje de control y ϕ la fricción efectiva residual.

4 Formulación Hidrodinámica Reencuadrada

Las ecuaciones de Navier–Stokes se extienden mediante un término de fuerza asociado al campo Σ :

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} \right) = -\nabla p + \nabla \cdot \mathbf{T} + \mathbf{f}_\Sigma$$

donde \mathbf{f}_Σ representa un operador de control de frontera (no una modificación intrínseca de la viscosidad del fluido).

Se define una *viscosidad efectiva de interacción*:

$$\mu_{\text{int}}(\Sigma) = \mu_0 g(\Sigma), \quad 0 < g(\Sigma) \leq 1$$

con:

$$\lim_{\Sigma \rightarrow \Sigma_c} g(\Sigma) \rightarrow g_{\min} > 0$$

lo cual evita singularidades no físicas.

5 Métricas Falsables (E-Veto)

El éxito del régimen aerotopológico no se mide por temperatura global, sino por métricas locales y auditables:

- Reducción de flujo térmico en pared: $q''_{\text{wall}} \downarrow$
- Reducción de esfuerzo cortante: $\tau_{\text{wall}} \downarrow$
- Estabilidad espectral del flujo (reducción de modos caóticos)

La coherencia sólo se considera válida si se verifica:

$$\Delta H \leq -0.20$$

calculada sobre el espectro dinámico de la frontera controlada.

6 Geometría Hexagonal como Topología de Control

La elección de geometría hexagonal no responde a aerodinámica pasiva, sino a criterios de estabilidad topológica:

- máxima teselación de actuadores,
- minimización de defectos de fase,
- simetría C_6 estable frente a perturbaciones.

No se requiere curvatura de Berry nula literal; basta con estabilidad modal del operador Σ .

7 Discusión

Este reencuadre preserva íntegramente el diseño matemático TCDS, pero evita afirmaciones no falsables sobre superfluidez macroscópica del aire. La Aerotopología emerge así como una tecnología de control de frontera avanzada, compatible con validación experimental progresiva.

8 Conclusión

La Aerotopología TCDS no propone anular la física del fluido, sino reorganizar su interacción con el sólido mediante coherencia geométrica. Este encuadre permite avanzar científica e ingenierilmente, manteniendo abierto —pero separado— el programa de nueva física.