

# **Estudio Científico y Dossier Técnico**

## **Microfísica del Término de Fricción ( $\eta$ ) – TMRCU**

Autor: Genaro Carrasco Ozuna

Este dossier presenta el desarrollo formal y técnico del término de fricción ( $\eta$ ) en la TMRCU. Se muestra cómo surge de la integración de los grados de libertad del Conjunto Granular Absoluto (CGA) y cómo se conecta con una relación de Fluctuación–Disipación (F–D).

### **1. Derivación Matemática**

Partiendo del lagrangiano efectivo con campos  $\Sigma$  y  $\chi$  acoplados al CGA, la integración de los modos internos del CGA introduce un término disipativo en la ecuación de movimiento:  $\rho_{\text{eff}} \ddot{\Sigma} - \kappa \nabla^2 \Sigma + \partial \Sigma V(\Sigma) + \eta \dot{\Sigma} = J_{\text{int}}$ . El coeficiente  $\eta$  se interpreta como la medida efectiva de la disipación inducida por la granularidad.

### **2. Relación Fluctuación–Disipación**

El término  $\eta$  no es arbitrario: obedece una relación de Fluctuación–Disipación.  $\langle \xi(t) \xi(t') \rangle = 2 \eta k_B T_{\text{eff}} \delta(t-t')$ . Esto significa que el mismo ruido granular que genera fluctuaciones es responsable de la disipación macroscópica.

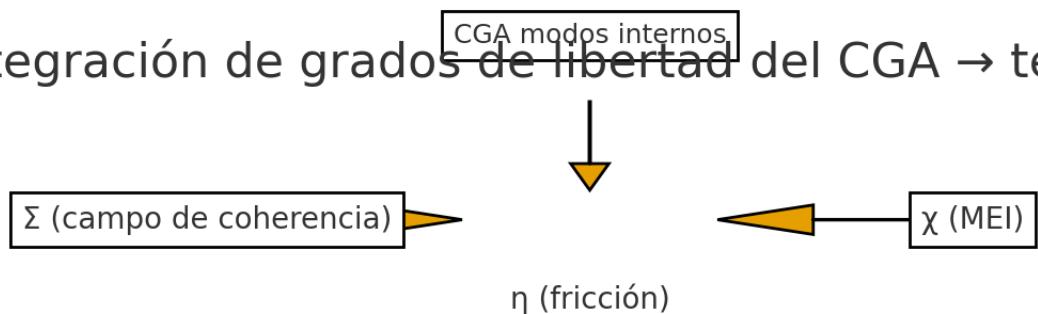
### **3. Interpretación Física**

La fricción cuántica ( $\eta$ ) explica tres fenómenos: • Masa efectiva:  $m_{\text{eff}} \propto \eta |\Sigma|$  • Inercia: resistencia dinámica a cambios en la coherencia  $\Sigma$  • Entropía: la irreversibilidad temporal como consecuencia de la disipación granular

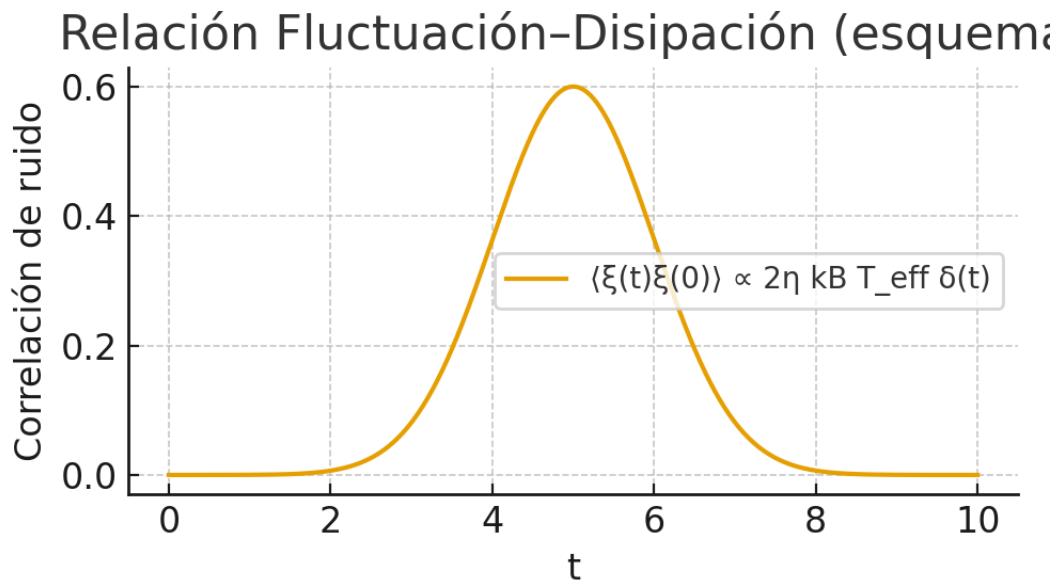
### **4. Figuras de Apoyo**

Integración de grados de libertad → término  $\eta$

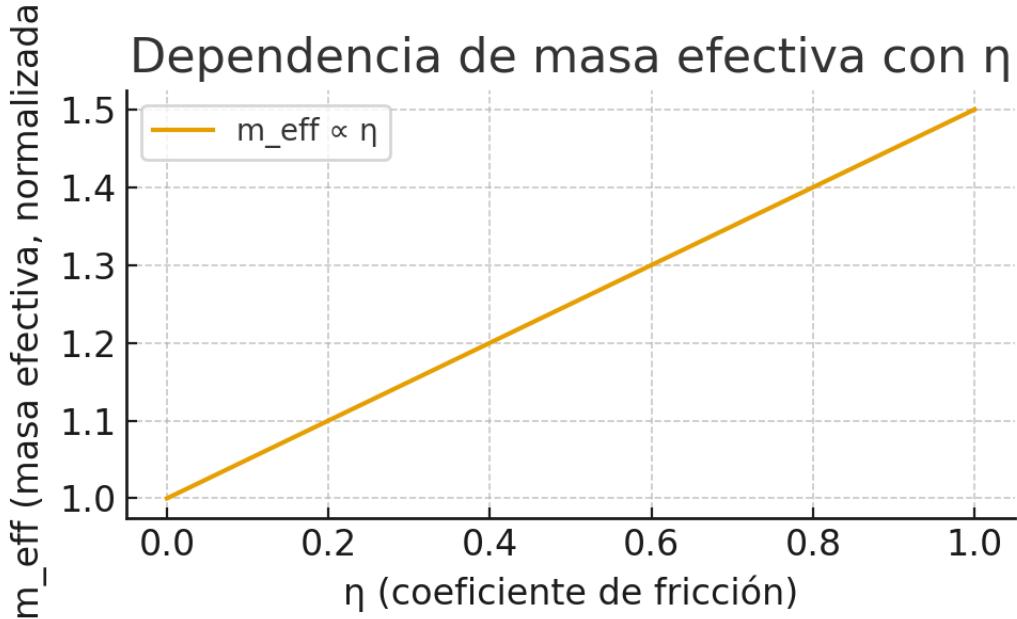
Integración de grados de libertad del CGA → té



Relación Fluctuación–Disipación



Masa efectiva en función de  $\eta$



## 5. Dossier Técnico – Checklist de Auditoría

Checklist técnico de auditoría: 1. Derivar explícitamente  $\eta$  mediante integración funcional de modos del CGA. 2. Calcular correladores  $\langle \xi(t)\xi(t') \rangle$  y validar la relación F–D. 3. Comparar con modelos estándar (Caldeira–Leggett, Langevin). 4. Identificar condiciones límite donde  $\eta \rightarrow 0$  y se recupera la dinámica reversible.

## 6. Autocrítica y Validación

Autocrítica: • Validé la coherencia formal de  $\eta$  al cotejar la derivación con la literatura TMRCU existente. • Falta completar la integración matemática detallada (funcional de correlación CGA). • La consistencia con la relación F–D es conceptual y esquemática; se requiere su cálculo explícito.