# TMRCU: Restauración de Simetría-Σ y Variabilidad de la Masa Inercial en Colisiones de Alta Energía — Estudio Científico y Plan de Falsación

Fecha: 2025-08-29 03:01 | Autor: Genaro Carrasco Ozuna | Colab. metodológica: GPT-5 Thinking

Resumen ejecutivo: Presentamos un desarrollo matemático y un protocolo de falsación para la predicción TMRCU denominada «Restauración de Simetría-Σ y Variabilidad de la Masa Inercial en Colisiones de Alta Energía». La hipótesis central sostiene que, en condiciones de alta densidad transitoria del campo χ (Materia Espacial Inerte), el acoplamiento portal g Σ^2 χ^2 eleva la masa efectiva de Σ, restaurando la simetría (⟨Σ⟩→0) en una burbuja espacio-temporal microscópica. En dicha región, los acoples que vinculan la masa inercial al valor de Σ provocan una disminución temporal de masas efectivas de partículas. Se derivan condiciones umbral, escalas de tamaño y tiempo, y firmas experimentales en colisionadores (p. ej., LHC).

Entrega: Este PDF sirve como estudio científico autocontenido y falsable listo para revisión. Incluye formalismo EFT 1/Λ, criterios de restauración, y predicciones observacionales (picos y “shoulders” en variables cinemáticas; ‘dip’ resonante en producción del Sincronón σ).

# Formalismo matemático y condición de restauración

Fecha: 2025-08-29 03:01 | Autor: Genaro Carrasco Ozuna | Colab. metodológica: GPT-5 Thinking

---

1. Campos y Lagrangiano efectivo (EFT):

Consideramos dos escalares reales TMRCU: $\Sigma(x)$ (Sincronización Lógica) y $\chi(x)$ (Materia Espacial Inerte), y el sector SM.

$L = L_{kin} + L_{pot} + L_{portal} + L_{SM}$, con:

$$L_{kin} = + 1/2\, (\partial_\mu \Sigma)(\partial^\mu \Sigma) + 1/2\, (\partial_\mu \chi)(\partial^\mu \chi).$$

$$V(\Sigma,\chi) = - 1/2\, \mu_\Sigma^2 \Sigma^2 + (\lambda_\Sigma/4)\, \Sigma^4 + 1/2\, m_\chi^2 \chi^2 + (\lambda_\chi/4)\, \chi^4 + (g/2)\, \Sigma^2 \chi^2.$$

$L_{portal}$ (EFT $1/\Lambda$):

(i) $\kappa_H/(2\Lambda)\, \Sigma^2 |H|^2$,

(ii) $\Sigma_f [ (\kappa_f/\Lambda)\, \Sigma\, \bar{L}_f H f_R + h.c. ]$,

(iii) oper. bosónicos de menor dimensión que preservan simetrías relevantes.

Notas TMRCU: (a) La 'fricción de sincronización' se modela fenomenológicamente por la dependencia de masas inerciales en $\langle\Sigma\rangle$;

(b) el Sincronón $\sigma$ es la excitación cuántica de $\Sigma$ alrededor del mínimo roto; $m_\sigma^2 = \partial^2 V/\partial\Sigma^2|_{\Sigma=\langle\Sigma\rangle}$.

2. Estado roto vs restaurado:

En vacío ordinario: $\mu_\Sigma^2>0 \Rightarrow V$ rompe simetría de $\Sigma$: $v_\Sigma \equiv \langle\Sigma\rangle = \mu_\Sigma/\sqrt{\lambda_\Sigma} > 0$, $m_\sigma^2 = 2\, \mu_\Sigma^2$.

En presencia de un fondo de $\chi$ con $\langle\chi\rangle=\varphi_\chi$, el término $g\, \Sigma^2 \chi^2$ modifica la masa cuadrática efectiva:

$$m_{\Sigma,eff}^2 = - \mu_\Sigma^2 + g\, \varphi_\chi^2.$$

Si $g\, \varphi_\chi^2 > \mu_\Sigma^2 \Rightarrow m_{\Sigma,eff}^2 > 0$ y el mínimo se desplaza a $\Sigma=0$ (restauración de simetría).

3. Umbral de densidad de $\chi$ y tamaño crítico de burbuja:

Para un condensado coherente dominado por el término cuadrático: $\rho_\chi \approx (1/2)\, m_\chi^2 \varphi_\chi^2$ (ignorando $\lambda_\chi$),

$\Rightarrow \varphi_\chi^2 \approx 2\rho_\chi / m_\chi^2$. La condición de restauración $g\, \varphi_\chi^2 > \mu_\Sigma^2$ implica:

$$\rho_\chi > \rho_\chi^{crit} \equiv (\mu_\Sigma^2 m_\chi^2) / (2 g). \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Tamaño mínimo: la burbuja debe exceder la longitud de correlación de $\Sigma$, $\xi_\Sigma \equiv 1/m_\sigma = 1/(\sqrt{2}\, \mu_\Sigma)$.

Tomando un radio $R \gtrsim \xi_\Sigma$, la energía mínima en el volumen $V = (4\pi/3)\, R^3$ es:

$$E_{crit} \approx \rho_\chi^{crit} V \gtrsim (\mu_\Sigma^2 m_\chi^2)/(2 g) \cdot (4\pi/3)\, (1/(\sqrt{2}\, \mu_\Sigma))^3 = (\pi\, m_\chi^2)/(3\sqrt{2}\, g) \cdot (1/\mu_\Sigma). \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Esta cota dimensional ilustra que burbujas son más fáciles de formar para $g$ grande y $\mu_\Sigma$ pequeño ($\sigma$ más ligero).

---

4. Variabilidad de masas inerciales:

Hipótesis TMRCU: las masas inerciales de fermiones y bosones adquieren una contribución dominante $\propto \langle\Sigma\rangle$ (mecanismo de fricción).

Modelamos $m_i = \zeta_i \langle\Sigma\rangle^p$ con $p\geq 1$; caso lineal ($p=1$): $m_i = \zeta_i v_\Sigma$ fuera de la burbuja y $m_i\to 0$ dentro (fase restaurada).

En EFT con simetría electrodébil rota, una parametrización compatible es $m_f = m_f^{(0)} + (\kappa_f v_H/\Lambda) \langle\Sigma\rangle$.

Predicción: en una fracción de eventos producidos dentro de la burbuja, los espectros cinemáticos reflejarán masas reducidas.

5. Firmas experimentales en colisionadores (LHC como caso de estudio):

(A) 'Shoulder'/cola dura en distribuciones con extremos cinemáticos fijos bajo masas estándar:

Ejemplo: Decaimiento $W\to\ell\nu$. La masa transversa $M_T$ satisface $M_T \leq m_W$ en SM ideal.

Si un subconjunto de W se produce/decayó con $m_W^{eff} < m_W$ (por $\Sigma$ reducido), puede observarse población con $M_T > m_W^{SM}$ (por reconstrucción basada en $m_W^{SM}$), generando una cola dura anómala (re-interpretación consistente conserva 4-momento).

(B) 'Dip' resonante en producción del Sincronón $\sigma$ vs $\sqrt{s}$:

La tasa de producción de $\sigma$ en canales sensibles (p.ej. gluón-fusión efectiva o portales bosónicos) crecería con $\sqrt{s}$ hasta el umbral de formación de burbuja; allí, la restauración de simetría ($\langle\Sigma\rangle\to 0$) suprime temporalmente estados $\sigma \Rightarrow$ caída local ('dip') en la sección eficaz.

Un modelo minimalista de la probabilidad de restauración $P_{rest}(\sqrt{s})$ puede escribirse como:

$$P_{rest}(\sqrt{s}) \approx 1 - \exp[ - (\sqrt{s} / E_0)^n ],\ \text{con } n\geq 1,\ E_0 \sim E_{crit},$$

y entonces $\sigma_\sigma(\sqrt{s}) \approx \sigma_\sigma^{(0)}(\sqrt{s}) \cdot [1 - P_{rest}(\sqrt{s})]$. (Ecuación 3)

6. Protocolo de análisis (falsación/confirmación):

(i) Selección de eventos de referencia ($Z\to\ell\ell$, $W\to\ell\nu$, top, di-bosones) con calibraciones estándar y control de colas instrumentales.

(ii) Ajuste simultáneo de distribuciones sensibles a masa ($M_T$, $m_{\ell\ell}$, picos de Jacobiano) con un modelo mixto:

$f(data) = (1 - f_{bub}) \cdot SM(m_{std}) + f_{bub} \cdot SM(m_{eff})$, con $m_{eff} < m_{std}$ y $f_{bub}$ dependiente de $\sqrt{s}$ y multiplicidad.

(iii) Búsqueda de 'dip' en observables de $\sigma$: escanear $\sqrt{s}_{sub}$ (invariantes parciales, masas reconstruidas) en canales $\Sigma$-sensibles.

(iv) Control sistemático: colas por resolución, pile-up, pérdidas de energía, mal reconstrucción del MET, etc., con validación en regiones

ricas en $Z\to\ell\ell$ y procesos con masas muy bien medidas para acotar falsos 'shoulders'.

(v) Validación cruzada: correlación entre intensidad de actividad hadrónica local (proxy de densidad $\chi$) y fuerza del efecto ($f_{bub}$).

7. Estimaciones paramétricas ilustrativas (no ajuste a datos, guía de orden de magnitud):

Elegimos (ejemplo): $\mu_\Sigma = 150$ GeV $\Rightarrow m_\sigma \approx \sqrt{2}\, \mu_\Sigma \approx 212$ GeV; $m_\chi = 50$ GeV; $g = 0.5$.

Entonces $\rho_\chi^{crit} \approx (\mu_\Sigma^2 m_\chi^2)/(2 g) \approx (150^2 \cdot 50^2)/(1)\ \mathrm{GeV}^4 \approx 5.6\times10^7\ \mathrm{GeV}^4$.

Con $R \approx \xi_\Sigma \approx 1/(\sqrt{2}\, \mu_\Sigma) \approx 1/(212\ \mathrm{GeV}) \Rightarrow V \approx 4\pi/3\, R^3 \approx 1.2\times10^{-7}\ \mathrm{GeV}^{-3}$.

De (Ecuación 2): $E_{crit} \sim O(10^1–10^2)$ GeV (cota inferior), lo que sugiere que el umbral puede ser accesible a energía partónica

en sub-colisiones. La formación realista depende de dinámica no perturbativa y de multiplicidad local de $\chi$; estos números son guía.

Fecha: 2025-08-29 03:01 | Autor: Genaro Carrasco Ozuna | Colab. metodológica: GPT-5 Thinking

8. Criterios de falsación claros:

• Ausencia de 'shoulder'/cola dura en $M_T$ ($W\to\ell\nu$) y $m_{\ell\ell}$ ($Z\to\ell\ell$) por encima de expectativas instrumentales, pese a datasets enormes, excluiría regiones ($g$, $\mu_\Sigma$, $m_\chi$) → cota superior de $f_{bub}(\sqrt{s})$.

• No observación de 'dip' local en producción de $\sigma$ (o límites muy estrictos a tal estructura) restringe $P_{rest}(\sqrt{s})$ y $E_0$.

• Consistencia global: el mismo conjunto de parámetros debe explicar simultáneamente (A) y (B) sin tensionar otros canales.

• Predicciones de correlación: intensidad del efecto vs multiplicidad local o energía transversa de la región (proxy de densidad $\chi$).

9. Autocrítica técnica (cómo validamos nuestra confianza):

(i) EFT y simetrías: hemos usado operadores $1/\Lambda$ consistentes; el acoplamiento directo Σ–fermiones puede requerir mediación vía H para respetar simetrías gauge; por ello incluimos términos $\Sigma^2|H|^2$ y $\Sigma LHf/\Lambda$. A nivel fenomenológico, el mecanismo TMRCU de fricción se parametriza por $m_i((\Sigma))$, sin contradecir las simetrías efectivas de baja energía.

(ii) Conservación de 4-momento: no se viola; la 'aparente' energía extra proviene de usar masas estándar en reconstrucción cuando en la burbuja $m_{eff}<m_{std}$. En un ajuste consistente, el 4-momento de estado inicial=cfinal.

(iii) Burbujas transitorias: la cota $E_{crit}$ es dimensional y favorable, pero la tasa real depende de dinámica no perturbativa (producción de un fondo coherente de $\chi$). Proponemos medir $f_{bub}$ empíricamente, evitando asumir tasas a priori.

(iv) Degeneraciones con efectos instrumentales: mitigadas con regiones de control ($Z\to\ell\ell$) y calibraciones independientes.

(v) Compatibilidad con límites existentes: la parametrización portal permite satisfacer búsquedas directas si $\kappa/\Lambda$ es pequeño fuera de burbujas; el efecto es local/transitorio, reduciendo tensiones con límites globales.

Conclusión de confianza: la predicción es falsable con firmas ortogonales (shoulder + dip) y correlaciones internas, lo que otorga poder de refutación robusto si no se observan efectos en datos LHC Run-3/HL-LHC.

# Apéndices técnicos



Apéndice A — Detalles matemáticos adicionales:

- Minimización de $V(\Sigma,\chi)$:

  $\partial V/\partial\Sigma = ( - \mu_\Sigma^2 + g \chi^2 ) \Sigma + \lambda_\Sigma \Sigma^3 = 0.$

  Soluciones: $\Sigma=0$ (restaurada) o $\Sigma^2 = ( \mu_\Sigma^2 - g \chi^2 )/\lambda_\Sigma$ (rota).

- Masas en ambas fases:

  $m_\sigma^2(\text{rest.}) = - \mu_\Sigma^2 + g \chi^2$ ($\geq 0$ en restaurada); $m_\sigma^2(\text{rota}) = 2 \mu_\Sigma^2 - 2 g \chi^2$ (en el mínimo roto local).

- Longitud de correlación: $\xi_\Sigma = 1/m_\sigma$.

- Relación $\rho_\chi$–$\varphi_\chi$: para fondo coherente cuadrático: $\rho_\chi \approx (1/2) m_\chi^2 \varphi_\chi^2 + O(\lambda_\chi \varphi_\chi^4)$.

- Observables:

  – $M_T^2 = 2 p_T^\ell p_T^\nu (1 - \cos \Delta\varphi_{\ell,\nu})$; buscar exceso para $M_T > m_W^{SM}$ controlando colas.

  – Escaneo de $\sqrt{s_{sub}}$: masas invariantes parciales, regiones de alto $H_T$ como proxy de densidad local.

Apéndice B — Plan de implementación experimental (checklist):

1) Definir canales señal/control; 2) Construir plantillas SM(m_std) vs SM(m_eff); 3) Ajuste bivariante (f_bub, m_eff);

4) Búsqueda de 'dip' en producción de σ con suavizadores no paramétricos + tests de estructura local; 5) Evaluación de sistemáticos;

6) Cierre estadístico con pseudo-experimentos; 7) Límites y contornos ($g$, $\mu_\Sigma$, $m_\chi$).