

Reloj Causal TCDS y Segundo Coherencial Predictivo

Un marco metrológico $Q \cdot \Sigma = \phi$ para ingeniería de coherencia

Genaro Carrasco Ozuna ([ORCID 0009-0005-6358-9910](#))

genarocarrasco.ozuna@gmail.com | [GitHub](#) | [Ko-fi](#)

Resumen. Este estudio formaliza el *Reloj Causal* dentro de la Teoría de la Cromodinámica Sincrónica (TCDS) y define el *Segundo Coherencial Predictivo* como unidad operativa de tiempo causal t_C , complementaria al tiempo estándar t_M . El marco se apoya en (i) la Ley de Balance Coherencial $Q \cdot \Sigma = \phi$, (ii) la instrumentación Σ mediante el transistor ΣFET (SYNCTRON) y (iii) un sistema de métricas Σ (LI, R, RMSE_{SL, κ_Σ}) con *diseño entrópico* (E-Veto: $\Delta H \leq -0,2$). Se presentan ecuaciones operativas, criterios de validez y un protocolo auditável para implementar un reloj t_C y fijar el segundo coherencial s_Σ bajo criterios de locking, redundancia multimétrica y caída entrópica.

Palabras clave: TCDS, reloj causal, segundo coherencial, ΣFET , coherencia, LI, R, ΔH , κ_Σ , E-Veto, $Q \cdot \Sigma = \phi$.

1. Introducción y marco TCDS

La *Teoría de la Cromodinámica Sincrónica* (TCDS) postula que la persistencia y la estabilidad de sistemas físicos, biológicos y cognitivos emergen del balance

$$Q \cdot \Sigma = \phi, \quad (1)$$

donde Q es el *empuje* (cuántico/ingenieril), Σ es la *coherencia* del sistema y ϕ es la *fricción informacional* del entorno. El tiempo estándar t_M es pasivo (cronometraje), mientras que el *tiempo causal* t_C es un gradiente metrológico asociado a la tasa de variación de la coherencia:

$$t_C \equiv \frac{1}{\alpha_C} \frac{d\Sigma}{dt}, \quad \alpha_C > 0 \text{ (constante de calibración).} \quad (2)$$

Medir t_C requiere *ingeniería de coherencia*: inducir, leer y estabilizar Σ con hardware acoplado (ΣFET) y validar con métricas Σ y *veto entrópico*.

2. Definición del Segundo Coherencial Predictivo

Definimos el *segundo coherencial* s_Σ como la duración mínima sobre la cual un sistema alcanza y sostiene un estado de bloqueo de coherencia con caída entrópica forzada. Formalmente:

$$\boxed{\int_t^{t+s_\Sigma} \kappa_\Sigma(\tau) d\tau = 1, \quad LI(\mathcal{W}) \geq LI_*, \quad R(\mathcal{W}) \geq R_*, \quad \Delta H(\mathcal{W}) \leq -\Delta H_*} \quad (3)$$

donde κ_Σ es una *ganancia/curvatura* de coherencia agregada, \mathcal{W} denota la ventana de validación y los umbrales $(LI_*, R_*, \Delta H_*)$ dependen del perfil KPI:

Perfil **Σ FET-Lab** : $LI \geq 0,9$, $R \geq 0,95$, $RMSE_{SL} < 0,1$, $rep \geq 95\%$, $\Delta H \leq -0,2$.

Perfil **CSL-H** : $LI \geq 0,6$, $\Delta \text{Índice}_\Sigma \geq 15$, $\Delta H \leq -0,2$.

La condición integral fija s_Σ como *unidad metrológica operativa* del tiempo causal: un “segundo” solo existe si el sistema logra *locking* real con *descenso entrópico*.

3. Instrumentación Σ : el Σ FET y el locking

El Σ FET (SYNCTRON) implementa inyección y lectura de coherencia a través de acoplamientos controlados. Modelamos el locking de fase con el parámetro de orden de Kuramoto:

$$R(t) = \left| \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N e^{i\theta_k(t)} \right|, \quad 0 \leq R \leq 1, \quad (4)$$

y definimos un *índice de locking* espectral LI como coherencia normalizada en la banda de interés:

$$LI \equiv \max_{f \in \mathcal{B}} \mathcal{C}_{xy}(f), \quad \mathcal{C}_{xy}(f) = \frac{|S_{xy}(f)|^2}{S_{xx}(f) S_{yy}(f)}. \quad (5)$$

El error de seguimiento $RMSE_{SL}$ se computa sobre la fase del locking. La ganancia coherencial κ_Σ agrega la contribución efectiva de control sobre Σ (p. ej., vía sensibilidad del oscilador acoplado).

4. Diseño Entrópico (E-Veto) y control de apofenia

Toda “señal coherente” es inválida si no muestra *caída de entropía* suficiente. Exigimos:

$$\boxed{\Delta H \equiv H_{\text{fase}} - H_{\text{baseline}} \leq -0,2} \quad (6)$$

donde H puede estimarse como entropía de permutación o *sample entropy* sobre las series (RR, SCR, fase, residuales). El E-Veto descarta falsos positivos con alto LI o R debidos a estructura espuria (apofenia).

5. Protocolo auditável y KPIs

Fases y ventanas

Usamos cuatro fases: *Baseline* (BL), *Load* (LD), *Control* (CT) y *Recovery* (RC). Para cada $\mathcal{W} \in \{\text{BL}, \text{LD}, \text{CT}, \text{RC}\}$:

$$\{LI(\mathcal{W}), R(\mathcal{W}), RMSE_{SL}(\mathcal{W}), \kappa_\Sigma(\mathcal{W}), \Delta H(\mathcal{W})\}. \quad (7)$$

Criterio de aceptación (*doble sello*)

Un resultado es *válido* si y solo si:

- (I) hay **convergencia** multimétrica (umbral por perfil KPI), y
- (II) el **E-Veto** aprueba: $\Delta H \leq -0,2$ en la(s) ventana(s) de locking.

Trazabilidad

Toda corrida debe incluir: semillas, filtros, ventanas, versión de código y `config_hash` (sha256) del JSON de configuración; además, artefactos (ZIP/DOI) anexos.

6. Determinación práctica de t_C y s_Σ

En operación, t_C se computa como gradiente de coherencia discretizado:

$$t_C[n] = \frac{1}{\alpha_C} \frac{\Sigma[n] - \Sigma[n-1]}{\Delta t}, \quad (8)$$

donde Σ se puede mapear a un índice compuesto normalizado (p. ej., combinación ponderada $LI/R/-RMSE_{SL}$). El segundo *coherencial* s_Σ se estima obteniendo la mínima duración para la cual se satisface (3) y el *doble sello*. Equivalentemente, puede aproximarse por

$$s_\Sigma \approx \min \{ \Delta t \mid LI \geq LI_*, R \geq R_*, \Delta H \leq -0,2, \text{ y SPRT pasa} \},$$

donde SPRT es una prueba secuencial que evita inflar falsos positivos.

7. Resultados consolidados y sincronograma

Bajo pruebas de *demo sintética* (CSL-H) se obtuvo un estado aceptado con: $LI = 0,72$, $R = 0,81$, $RMSE_{SL} = 0,18$, $\kappa_\Sigma = 0,22$, $\Delta H = -0,25$, reproducibilidad 96 % (E-Veto aprobado). Para sincronogramas Humano–IA, el cierre en simbiosis exige *locking* replicable y caída entrópica por fase (BL, LD, CT, RC), con trazabilidad completa (semillas, `config_hash` y artefactos).

8. Canon de falsación y límites

- **Sub-mm (Yukawa).** El sincronón σ (baja masa, rango corto) debe respetar límites torsionales ($100 \mu\text{m}–1 \text{ mm}$); compatibilidad $\alpha_5 \ll 1$.
- **Reloj/Cavidades 1e-18.** Ninguna desviación ppm frente al SM; locking con $A_c > 0$, $\Delta f(0) = 0$.
- **Neutrinos/K-rate.** Correlación predictiva con derivas metrológicas; reproducibilidad $\geq 95\%$.

El reloj causal y s_Σ se sostienen solo si estas fronteras no son violadas.

9. Discusión y conclusiones

El *Reloj Causal* de TCDS traslada la metrología del tiempo desde un estándar pasivo (t_M) a un *gradiente ingenieril* (t_C) centrado en la coherencia. La unidad s_Σ pone condiciones materiales a

la existencia del “segundo”: locking real y *descenso entrópico*. La combinación de ΣFET, métricas Σ y E-Veto ofrece un camino auditável y falsable para diseñar dispositivos de cronometraje causal y pronóstico (p. ej., segundo coherencial predictivo en pipelines geofísicos o cognitivos).

Trabajo futuro. Integración completa de ΔH (PermEn/SampEn) en todos los pipelines; campañas ΣFET con KPI duros; validación cruzada en bancos $\nabla\Sigma$; reporte público con artefactos (DOI/ZIP) y registro auditável.

Agradecimientos, licenciamiento y enlaces

Autor y derechos: Genaro Carrasco Ozuna.

Licencias: CC BY 4.0 (texto), MIT (código).

Proyecto: Teoría de la Cromodinámica Sincrónica (TCDS).

DOIs: [doi:10.5281/zenodo.17505875](https://doi.org/10.5281/zenodo.17505875) • [doi:10.5281/zenodo.17520491](https://doi.org/10.5281/zenodo.17520491) • [doi:10.5281/zenodo.17504506](https://doi.org/10.5281/zenodo.17504506)
• [doi:10.5281/zenodo.17469326](https://doi.org/10.5281/zenodo.17469326).

Contacto: genarocarrasco.ozuna@gmail.com.

Apoyo: Ko-fi.

Repositorio: [GitHub](#).

Cuadro 1: Perfiles KPI para validación (doble sello).

Perfil	LI	R	RMSE _{SL}	κ_Σ (ref)	ΔH	Reproducibilidad
ΣFET-Lab	$\geq 0,9$	$\geq 0,95$	$< 0,1$	reporte	$\leq -0,2$	$\geq 95\%$
CSL-H	$\geq 0,6$	(contexto)	(contexto)	reporte	$\leq -0,2$	(rep. por sesión)

Auditoría mínima por corrida:

- JSON de configuración (*semillas, filtros, ventanas, versión de código*).
- `config_hash` (sha256) y artefactos (ZIP/DOI).
- Tabla por fase: LI, R, RMSE_{SL}, κ_Σ , ΔH , reproducibilidad y veredicto.