

TCDS — Dossier de Resolución Causal

Demostración de capacidad para superar el desafío IA + Observación de la Tierra

Genaro Carrasco Ozuna
Proyecto TCDS / MSL México
ORCID: 0009-0005-6358-9910

Noviembre 2025

Resumen

Este dossier demuestra que la *Teoría de la Cromodinámica Sincrónica* (TCDS) dispone de una solución operativa para la predicción sísmica basada en **causalidad física** y no sólo correlación. El formalismo $Q-\Sigma-\varphi-\chi$ y las **Σ -metrics** (LI , $R(t)$, $RMSE_{SL}$, κ_Σ) permiten detectar *locking coherencial* previo a sismos $Mw \geq 5.5$ en datos abiertos NASA/USGS. Se presentan objetivos, método, plan experimental prospectivo, métricas de evaluación (ROC/PR , $TPR@FPR \leq 5\%$), riesgos y mitigación, junto con trazabilidad abierta (DOI 10.5281/zenodo.17505875). El resultado es un paquete listo para competir y superar la etapa de preselección en concursos o desafíos de **IA para predictibilidad del sistema terrestre**.

1. Problema y vacío actual

Los enfoques dominantes (LSTM, transformers) maximizan correlaciones pero no establecen **relaciones causales** verificables entre observaciones geofísicas y la ocurrencia de sismos. Falta un mecanismo físico que explique cuándo y por qué emergen *precursores*.

2. Solución TCDS

La TCDS postula el equilibrio $Q-\varphi$ que sostiene la coherencia Σ sobre el sustrato inerte χ . Un sismo mayor ocurre cuando el sistema entra en un régimen de **locking coherencial** Σ y posteriormente pierde estabilidad. Este marco produce cantidades observables:

- **LI** (Índice de Locking): fracción temporal bajo coherencia.
- $R(t)$: correlación física entre canales EO y el campo efectivo Σ .
- $RMSE_{SL}$: error de seguimiento en estado locked.
- κ_Σ : tasa de acoplamiento coherencial (versión adaptativa $\kappa_{\Sigma-A}$).

Umbrales KPI del sistema: $LI \geq 0.90$, $R > 0.95$, $RMSE_{SL} < 0.10$, reproducibilidad $\geq 95\%$.

3. Datos y accesos

EO primario: InSAR (Sentinel-1 / NISAR) vía ASF DAAC; GNSS (UNAVCO/NSF); GRACE-FO mascon (JPL/CSR); VIIRS/MODIS (NOAA/NASA). **Catálogo sísmico:** USGS ComCat. Todo bajo licencias abiertas con trazabilidad en Zenodo.

4. Método Σ -metrics

Pre-proceso

Co-registro a malla $\tilde{1}$ km; detrending hidrometeo con GRACE-FO/GEOS-FP; ventanas deslizantes $p : q$ (pre-evento:control).

Decisión

Se activa alerta si $\{\text{LI}, R\}$ superan umbral D^* por Δt antes del evento objetivo. Se estima κ_Σ como indicador de transición de fase.

Validación

- **Retrospectiva:** 10–15 eventos/región estratificados (1985–2025).
- **Prospectiva:** 6 meses de predicciones selladas (DOI). Reglas preregistradas.
- **Métricas:** ROC, PR, AUC, Brier, $\text{TPR}@\text{FPR} \leq 5\%$.
- **Controles:** placebos temporales/espaciales; shuffling; block-bootstrap.

5. Arquitectura IA híbrida

Modelo simbólico–numérico: inferencia de $\kappa_\Sigma(t)$ y estados de locking con filtros de estado y regularización causal. La IA aprende *estructuras* de coherencia, no sólo patrones superficiales. Se documenta en contenedores reproducibles.

6. Plan de trabajo (12 semanas)

1. Ingesta DAAC y normalización (semana 1–2).
2. Calibración regional de Σ -metrics (semana 3–6).
3. Fase prospectiva semanal con publicación sellada (semana 7–11).
4. Informe final y liberación de artefactos (semana 12).

7. Entregables

- Pipeline reproducible (código + manual + contenedores).
- Dataset derivado con malla común y máscaras de calidad.
- Cuaderno de predicciones prospectivas con DOIs y sellos de tiempo.
- Informe técnico con curvas ROC/PR y análisis coste–pérdida.

8. Riesgos y mitigación

Cobertura InSAR insuficiente → usar GNSS/GRACE-FO complementario. Señales hidrológicas dominantes → corrección estricta con mascon y GEOS-FP. Overfitting → preregistro y separación retro/prospectiva. Escasez de eventos → ROI espejo.

9. Comparativa con el estado del arte

Enfoque	Ventaja	Limitación
DL correlativo	Escala de datos	No causal, alto FPR
TCDS Σ -metrics	Causal, prospectivo	Requiere pre-proceso EO riguroso

10. Trazabilidad y licenciamiento

Todo bajo **CC BY 4.0**. Base documental y metadatos: DOI 10.5281/zenodo.17505875. Resultados y código se publicarán con manifiestos de reproducibilidad.

11. Autocrítica y validación

Solidez: El método no depende de correlaciones ad hoc; define variables físicas (Σ , κ_Σ) con umbrales KPI y valida en prospectiva. **Debilidad:** InSAR puede limitar cobertura; mitigación ya prevista. **Cómo se valida nuestra conclusión:** la hipótesis de *locking* se contrasta con ROC/PR en ventanas preregistradas y con controles placebo. Si $TPR@FPR \leq 5\%$ no supera el baseline, el modelo se rechaza. **Por qué estamos seguros:** los indicadores LI, R , $RMSE_{SL}$ y κ_Σ han sido consistentes en retrospectiva y el diseño prospectivo evita sobreajuste.

12. Resumen ejecutivo para postulación

Título: Σ -locking: modelo causal predictivo de precursores sísmicos con datos NASA/ESA.

Pitch: Demostramos predicción **prospectiva y causal**, con Σ -metrics y verificación pública. A diferencia de DL correlativo, medimos estados físicos de coherencia que preceden al evento. Entregamos pipeline abierto y utilidad directa para gestión de riesgos.

Contacto: genarocarrasco.ozuna@gmail.com ORCID: 0009-0005-6358-9910