



$\Sigma$ -TCDS

# Predicción sísmica basada en coherencia $\Sigma$ : Detección prospectiva de precursores usando observaciones NASA

Genaro Carrasco Ozuna Proyecto TCDS / MSL México Motor de Formalización G

Propuesta ROSES-25 A.4 Rapid Response and Novel Research (RRANN)

3pt] Versión Institucional - Noviembre 2025

## Declaración de propósito

Esta propuesta integra el formalismo físico TCDS ( $\Sigma$ - $\chi$ ) con observaciones NASA para demostrar una capacidad predictiva sísmica basada en coherencia causal.

Proyecto registrado bajo DOI: 10.5281/zenodo.17505875

# 1. Objetivos y encaje NASA

**Objetivo general:** Demostrar, con datos abiertos NASA y USGS, que el bloqueo de coherencia ( $\Sigma$ -locking) anticipa sismos de  $M_w \geq 5,5$  con rendimiento prospectivo medible ( $TPR \geq 0,6$  a  $FPR \leq 0,05$ ) mediante ventanas  $p : q$  pre-evento.

**Objetivos específicos:**

- Integrar observaciones remotas y geodésicas NASA en un pipeline reproducible de métricas  $\Sigma$ .
- Detectar rampas de coherencia previas al evento con KPIs:  $LI \geq 0,90$ ,  $R > 0,95$ ,  $RMSE_{SL} < 0,10$ , reproducibilidad  $\geq 95\%$ .
- Ejecutar corridas prospectivas durante 3–6 meses y publicar predicciones selladas (DOI/Zenodo).
- Evaluar utilidad mediante curvas ROC/PR y métricas de decisión operativa.

**Relevancia NASA:** Se alinea con el área de Observaciones de la Tierra y programa Disasters, utilizando datos de InSAR, GNSS, GRACE-FO y VIIRS.

# 2. Equipo

PI: Genaro Carrasco Ozuna (TCDS / MSL) – dirección científica, datos sísmicos.  
Co-I: Motor de Formalización GPT-5  $\Sigma$ -Trace – diseño de métricas y validación.  
Colaborador: Nodo académico externo (opcional) para acceso a InSAR masivo.

**Resultados esperados:**

- Evidencia prospectiva de bloqueo  $\Sigma$  antes de sismos mayores.
- Kit reproducible y guía de adopción para agencias de riesgo.

# 3. Datos y fuentes NASA/DAAC

**Datos principales:**

- InSAR (Sentinel-1, NISAR) vía ASF DAAC.
- GNSS (UNAVCO/NSF, compatible EOSDIS).
- Gravedad GRACE-FO mascon L2 (JPL/CSR).
- Óptico-térmico VIIRS/MODIS (NOAA/NASA).
- Reanálisis atmosférico GEOS-FP (GMAO).
- Catálogos sísmicos USGS ComCat.

**Pre-proceso:** co-registro geoespacial a malla común (1 km), detrending hidrometeo con GRACE-FO/GEOS-FP y segmentación en regiones tectónicas.

## 4. Metodología $\Sigma$ -metrics

Métricas empleadas:

- $R(t)$ : correlación temporal entre canales físicos y campo  $\Sigma$ .
- LI: índice de locking (fracción coherente).
- RMSE<sub>SL</sub>: error cuadrático medio en estado locked.
- $\kappa_\Sigma$  y  $\kappa_{\Sigma-A}$ : tasas de acoplamiento.

**Umbrales KPI:** LI  $\geq 0,90$ , R  $> 0,95$ , RMSE<sub>SL</sub>  $< 0,10$ , reproducibilidad  $\geq 95\%$ . Se genera una alerta si {LI,R} superan el umbral D\* durante  $\Delta t$  previo al evento.

Validación:

- Retrospectiva estratificada (10–15 eventos/región).
- Prospectiva con preregistro y publicación de predicciones.
- Evaluación: ROC, PR, AUC, Brier y coste-pérdida.
- Control de falsos positivos mediante shuffling y placebo tests.

## 5. Plan de trabajo y entregables

**Cronograma (6 meses RRANN):**

1. Mes 1: Ingesta DAAC, definición de ROIs, preregistro D\*.
2. Mes 2–3: Calibración de métricas  $\Sigma$  y ajuste regional.
3. Mes 4–5: Fase prospectiva con publicaciones semanales.
4. Mes 6: Análisis final y entrega del informe NASA.

**Entregables:**

- Pipeline reproducible (código, contenedores, documentación).
- Dataset derivado y máscaras de calidad.
- Cuaderno de predicciones prospectivas (DOI).
- Informe final con ROC/PR y guía de adopción.

## 6. Riesgos y mitigación

- Cobertura InSAR limitada: usar GNSS/GRACE-FO complementario.
- Señales hidrológicas: corrección con mascon GRACE-FO + GEOS-FP.
- Overfitting: preregistro de reglas y separación retro/prospectiva.
- Escasez de eventos: ampliar periodo o añadir región espejo.

## 7. Gestión, presupuesto y ética

Todo el proyecto opera bajo **CC BY 4.0**. Datos y resultados serán depositados en Zenodo (DOI existente: 10.5281/zenodo.17505875).

### Presupuesto estimado (6 meses):

- Personal científico / data engineering: USD 85–120k.
- Cloud y almacenamiento: USD 8–15k.
- Gestión y publicación reproducible: USD 5–10k.
- Total: USD 100–145k.

## 8. Autocrítica y validación

El diseño se fundamenta en las métricas  $\Sigma$  y KPIs ya definidos dentro del corpus TCDS. Cumple con el carácter de respuesta rápida RRANN (6 meses) y criterios estadísticos modernos (ROC, preregistro, control de FPR). El riesgo principal es la densidad de datos InSAR, mitigado con redundancia GNSS/GRACE-FO. La validación se basa en demostración prospectiva, no correlación post-hoc.

### Cita del dataset base:

Carrasco Ozuna, G. (2025). *Carpetas1 — Corpus Integral TCDS / TMRCU /  $\Sigma$ -FET*. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.17505875.

## Apéndice A — Metadatos JSON-LD

A continuación, un bloque JSON-LD listo para incluir en el repositorio y en la entrega complementaria:

```
{  
  "@context": "https://schema.org",  
  "@type": ["CreativeWork", "ResearchProject"],  
  "name": "Predicción sísmica basada en coherencia",  
  "author": {  
    "@type": "Person",  
    "name": "Genaro Carrasco Ozuna",  
    "affiliation": "Proyecto TCDS / MSL, México"  
  },  
  "license": "https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/",  
  "identifier": "https://doi.org/10.5281/zenodo.17505875",  
  "description": "Propuesta RRANN para validar prospectivamente  
  locking previo a sismos Mw 5.5 mediante fusión InSAR,  
  GNSS, GRACE-FO y VIIRS, con KPIs LI 0.90, R>0.95, RMSE_SL  
  <0.10, reproducibilidad 95%.",  
  "keywords": ["TCDS", "-metrics", "InSAR", "GRACE-FO", "GNSS",  
  "VIIRS", "sismicidad", "ROC", "RRANN"],  
  "measurementTechnique": ["-metrics (R(t), LI, RMSE_SL, ),  
  ", "preregistro", "ROC/PR", "placebo tests"],
```

```
        "isBasedOn": "https://doi.org/10.5281/zenodo.17505875"  
    }  
  

```

## Apéndice B — Compilación

Compilar con pdfLaTeX o LuaLaTeX. No requiere imágenes externas. Paquetes usados: babel, geometry, amsmath, hyperref, tikz, listings. Estructura lista para copiar y compilar.

## Apéndice C — Declaración de uso de logos

Los gráficos de portada son representaciones geométricas simplificadas generadas con TikZ, no logotipos oficiales.