

# Pipeline TCDS--Metrics para Evaluación de Precursores Sísmicos

Genaro Carrasco Ozuna

November 2, 2025

## Resumen

Este documento formaliza un pipeline reproducible y falsable para la evaluación de precursores sísmicos mediante el protocolo TCDS. Se integran series crudas multicanal desde fuentes públicas, se normalizan a un esquema mínimo y se ejecutan métricas (LI, R(t), RMSE\_SL, ) con veredicto binario.

## 1 Canales geofísicos requeridos

- Sismómetros locales (1–20 Hz)
- GNSS continuo (strain/tilt proxy)
- TEC ionosférico (DTEC)
- Meteorología multicanal (temp, presión, humedad, viento)
- EM/ELF/VLF y radón/CO (no disponibles públicamente)

## 2 Esquema de datos unificado

### Sismos

ts, lat, lon, z\_km, M, region

### GNSS

ts, station, sat, L1, S1

### TEC

ts, TEC, DTEC

## Meteorología

ts, temp\_c, rh, p\_mbar, ws\_ms

### 3 Pipeline -metrics

1. Ingesta de series crudas (24–72 h)
2. Filtro de banda y extracción de fase:  $\phi(t)$
3. Coherencia de fase:  $R(t) = |\langle e^{i\phi(t)} \rangle|$
4. Injection-locking sintético:  $LI = \text{corr}(\cos(\phi), \cos(\omega t))$
5. Ajuste Stuart–Landau:  $RMSE_{SL} = \sqrt{\langle (y - \hat{y})^2 \rangle}$
6. Captura multicanal:  $\kappa_\Sigma$  adaptativo
7. Veredicto binario: alerta si  $LI \geq 0.9$ ,  $R > 0.95$ ,  $RMSE_{SL} < 0.1$

### 4 Ejemplo de corrida

R\_mean = 0.62  
LI = 0.18  
RMSE\_SL = 0.42  
Veredicto: NO\_ALERTA

### 5 Autocrítica

- El canal sismos usa magnitud como proxy; no contiene fase real.
- GNSS requiere RINEX reales para strain/tilt.
- TEC disponible solo en PDF/PNG; requiere digitalización.
- EM/ELF/VLF y radón no disponibles públicamente.

### 6 Conclusión

Este pipeline permite evaluar precursores sísmicos con trazabilidad científica y reproducibilidad operativa. Si se integran series reales de GNSS y TEC, puede escalar a defensa institucional, publicación indexada y protocolos de alerta.

## Referencias

- SSN: <https://www.ssn.unam.mx/sismicidad/ultimos/>
- RGNA-INEGI: [https://www.inegi.org.mx/temas/geodesia\\_activa/](https://www.inegi.org.mx/temas/geodesia_activa/)
- SCiESMEX: <https://www.sciesmex.unam.mx>
- CONAGUA-SIH: <https://smn.conagua.gob.mx>