

# Metodología TCDS: Cálculo de la Ventana Causal Sísmica ( $t_C$ )

Aplicación al Evento M5.0 (Severo-Kuril'sk, 2025-12-12)

TCDS Omnikernel Analysis

December 27, 2025

## 1 Definición del Problema

El objetivo es determinar el intervalo de tiempo causal  $W_{causal}$  previo a la ruptura mecánica (Minuto Cero), definido como la fase de organización coherente del sistema tectónico.

Sea  $E_{target}$  el evento sísmico identificado en el catálogo:

$$E_{target} = \{t_0, M_{max}, \vec{x}_{loc}\} \quad (1)$$

Donde:

- $t_0 = 2025-12-12T00:25:25Z$  (Tiempo de Origen Cronológico).
- $M_{max} = 5.0$  (Magnitud de Momento/Cuerpo).
- $\vec{x}_{loc} = (48.31^\circ N, 157.21^\circ E)$  (Coordenadas de Severo-Kuril'sk).

## 2 Metodología de Inversión Temporal

La ventana causal no es un periodo fijo, sino una función dinámica de la entropía del sistema  $S(t)$  y el Índice de Locking  $LI(t)$ . Se calcula escaneando el tiempo cronológico en reversa ( $t < t_0$ ).

### 2.1 Condición de Nucleación

El inicio de la ventana causal, denotado como  $t_{start}$ , se define como el instante crítico donde el sistema viola la aleatoriedad térmica local (E-VETO):

$$t_{start} = \max\{t < t_0 \mid \nabla H(t) < -\epsilon \quad \wedge \quad LI(t) \geq \Sigma_{th}\} \quad (2)$$

Donde:

- $\nabla H(t)$  es el gradiente de entropía de Shannon sobre la serie de tiempo.
- $\epsilon = 0.2$  es el umbral de sensibilidad (según `report.json`).
- $\Sigma_{th}$  es el umbral de coherencia mínima para considerar sincronización.

### 2.2 Cálculo del Intervalo Causal ( $W_C$ )

La ventana causal efectiva se define como la integral de la coherencia durante el intervalo de pre-ruptura:

$$W_{causal} = \int_{t_{start}}^{t_0} \Psi(\Sigma, \phi) dt \quad (3)$$

Donde  $\Psi$  es el operador de densidad causal. Si asumimos una transición de fase estándar  $\phi \rightarrow Q$ :

$$|W_{causal}| \approx t_0 - t_{start} \quad (4)$$

### 3 Aplicación a los Datos Ingestados

Dado que el `report.json` indica una entropía base  $H \approx 5.17$  (alta aleatoriedad en los metadatos), la metodología requiere la inyección de la serie de tiempo continua (waveform) para resolver  $t_{start}$ .

**Estimación Teórica para M5.0:** Basado en leyes de escalamiento TCDS:

$$\tau_{pre} \propto \log(M_{max}) \cdot \frac{1}{\phi_{min}} \quad (5)$$

Para un evento  $M5.0$ , si detectamos una caída entrópica a  $H < 4.97$  en  $t = t_0 - 4h$ , entonces:

$$W_{causal} \approx [2025-12-11T20:25:00Z, \quad 2025-12-12T00:25:25Z] \quad (6)$$

### 4 Conclusión

El "Minuto Cero" es el colapso de la función de onda tectónica ( $t_0$ ). La ventana causal es la historia de la coherencia previa que determinó dicho colapso.