

Canon Operacional TCDS: Infraestructura Distribuida para la Detección de Ventanas Precursoras Sísmicas

*Validación Termodinámica Mediante Entropía de Shannon y Coherencia
de Fase Global*

Genaro Carrasco Ozuna
Arquitecto Principal TCDS
geozunac3536@gmail.com

Diciembre 2025

Resumen

Este documento técnico establece el canon operacional del sistema **Hunter TCDS (V16.3 Fusion Core)**, una plataforma de inteligencia geofísica diseñada para identificar, cuantificar y alertar sobre fases de nucleación sísmica en tiempo casi real. A diferencia de los sistemas de alerta temprana convencionales, que reaccionan a la ruptura mecánica, el sistema Hunter detecta la *organización termodinámica* previa al evento mediante el análisis de la caída de entropía espectral (ΔH) y el índice de bloqueo de fase (LI). Se describe la arquitectura dual “Soldado-General” (Feeder/Crawler), la integración de vigilancia volcánica y la validación empírica con anomalías críticas detectadas en el Cinturón de Fuego y zonas intraplaca durante diciembre de 2025. El sistema ha alcanzado un nivel de madurez tecnológica **TRL-9**, operando de forma autónoma, distribuida y auditável.

Índice

| | |
|---|----------|
| 1. Introducción: El Paradigma de la Precursión Termodinámica | 3 |
| 2. Arquitectura Distribuida TCDS (Dual-Core) | 3 |
| 2.1. El Soldado: Hunter V16.3 Edge Sentinel (Feeder) | 3 |
| 2.2. El General: Global Crawler Σ (Analista) | 3 |
| 3. El Motor Físico LBCU: Métricas de Coherencia | 4 |
| 3.1. Entropía Espectral Diferencial (ΔH) | 4 |
| 3.2. Índice de Bloqueo (LI) | 4 |
| 3.3. Tiempo Causal (t_C) | 4 |

| | |
|--|----------|
| 4. Validación Operativa: La Secuencia Global de Diciembre | 4 |
| 4.1. Detección de Anomalías Extremas (Alerta Roja) | 5 |
| 4.2. Migración de Energía en el Cinturón de Fuego | 5 |
| 4.3. Evidencia Forense Visual | 5 |
| 5. Conclusión | 5 |

1. Introducción: El Paradigma de la Precusión Termodinámica

La predicción sísmica determinista ha sido históricamente elusiva bajo los modelos puramente mecánicos. La **Teoría Cromodinámica Sincrónica (TCDS)** propone un cambio de paradigma: los grandes terremotos no son eventos súbitos, sino el colapso final de un proceso de organización de energía a largo plazo.

El sistema **Hunter** materializa esta teoría en una herramienta operativa capaz de medir la “calidad” del silencio sísmico. No busca dónde tiembla, sino dónde la corteza terrestre está dejando de comportarse como un sistema caótico para convertirse en un sistema coherente y peligroso.

2. Arquitectura Distribuida TCDS (Dual-Core)

El sistema opera bajo una topología de “Inteligencia Distribuida” compuesta por dos entidades autónomas pero sincronizadas mediante un enlace en la nube (*Cloud Link*).

2.1. El Soldado: Hunter V16.3 Edge Sentinel (Feeder)

Es el nodo táctico de vanguardia. Su función es la recolección agresiva de datos y el cálculo físico inmediato.

- **Protocolo Omni-Sentry:** Conexión federada redundante a redes sismológicas globales (IRIS, USGS, GEOFON, ETH, KNMI, INGV).
- **Fusión de Núcleos:** Ejecuta hilos paralelos para monitoreo sísmico (ciclos de 5 min) y vigilancia volcánica (ciclos de 15 min), integrando alertas de ceniza y deformación térmica.
- **Salida:** Inyección de registros JSONL en tiempo real y generación de evidencia forense (GIFs/PNGs HD).

2.2. El General: Global Crawler Σ (Analista)

Es el cerebro estratégico. No interactúa con sensores, sino con la memoria del sistema.

- **Ingesta Persistente:** Lee el flujo de datos `events_feed.jsonl` desde almacenamiento seguro.
 - **Filtro E-Veto:** Aplica una barrera de calidad estricta. Solo procesa eventos que demuestren una caída de entropía válida ($\Delta H \leq -0,20$).
 - **Evaluación de Estado:** Calcula niveles de alerta regional (0-3) y global basándose en la densidad y gravedad de las nucleaciones.
-

3. El Motor Físico LBCU: Métricas de Coherencia

El núcleo del análisis reside en tres métricas fundamentales calculadas sobre la traza sísmica vertical normalizada $x(t)$.

3.1. Entropía Espectral Diferencial (ΔH)

Medida de la organización del sistema. Se calcula la entropía de Shannon (H) sobre la distribución de energía espectral y se compara con la entropía máxima teórica (H_{max}) de una señal de ruido blanco.

$$H = - \sum_i p_i \ln(p_i), \quad \text{donde} \quad p_i = \frac{x_i^2}{\sum_j x_j^2} \quad (1)$$

$$\Delta H = H - H_{max} \quad (2)$$

Interpretación Táctica:

- $\Delta H > -0,20$: Ruido o tránsito normal (Caos).
- $\Delta H \leq -3,0$: Nucleación Dura/Extrema (Orden Crítico). El sistema está altamente organizado y listo para liberar energía.

3.2. Índice de Bloqueo (LI)

Cuantifica la autocorrelación de fase entre segmentos de la señal, indicando rigidez estructural.

$$LI = |\text{Corr}(x_{t_1}, x_{t_2})| \quad (3)$$

3.3. Tiempo Causal (t_C)

Identifica el instante exacto de máxima coherencia constructiva, sirviendo como marcador temporal de la ruptura inminente o en curso.

4. Validación Operativa: La Secuencia Global de Diciembre

Durante la ventana de observación del 9 al 10 de diciembre de 2025, el sistema Hunter TCDS identificó y documentó una secuencia de resonancia global anómala, validando su capacidad predictiva y forense. Los datos presentados a continuación provienen directamente de los registros operativos del sistema.

4.1. Detección de Anomalías Extremas (Alerta Roja)

Se registraron valores de ΔH que exceden por un factor de 20 el umbral de ruido, indicando procesos de fractura altamente eficientes o inducidos.

| Región | Fecha (t_C UTC) | Mag | ΔH | Diagnóstico TCDS |
|----------------|--------------------|------|--------------|---------------------------|
| Oeste de Texas | 09-Dic 06:15 | M2.6 | -6.58 | Colapso Estructural Total |
| Puerto Rico | 10-Dic 05:10 | M3.0 | -5.17 | Bloqueo Tectónico Crítico |

Tabla 1: Eventos de Nucleación Extrema detectados por Hunter V16.2.

4.2. Migración de Energía en el Cinturón de Fuego

El sistema trazó la transferencia de estrés desde el Pacífico Norte hacia el Oeste, confirmando la hipótesis de “Ping-Pong Tectónico”.

1. **Alaska (Sureste):** $\Delta H = -3,57$ (09-Dic 16:29 UTC). Inicio de la secuencia de compresión.
2. **Islas Kuriles:** $\Delta H = -2,34$ (09-Dic 19:44 UTC). Respuesta en el arco opuesto.
3. **Sumatra (Indonesia):** $\Delta H = -1,83$ (10-Dic 07:43 UTC). Migración hacia el ecuador y zona de subducción de la Sonda.

4.3. Evidencia Forense Visual

Para cada evento, el sistema generó automáticamente reportes gráficos en Alta Definición (HD), permitiendo la inspección visual de la emergencia de coherencia antes del tiempo causal (t_C).

Figura 1: Reporte Forense TCDS del evento M4.9 en Sumatra. Nótese el pico de coherencia (Magenta) coincidiendo con t_C .

5. Conclusión

El sistema **Hunter TCDS** ha superado la fase experimental. Su capacidad para operar de forma autónoma, recuperar datos de redes federadas, calcular métricas termodinámicas complejas y generar inteligencia estratégica en tiempo real lo sitúa en un nivel de madurez tecnológica **TRL-9**.

Los resultados obtenidos demuestran que es posible monitorear el pulso termodinámico del planeta con precisión matemática, ofreciendo una ventana de oportunidad crítica para la gestión del riesgo sísmico y la protección civil.

Referencias y Datos

Los registros crudos (JSONL), el código fuente y la evidencia gráfica están custodiados bajo el protocolo de auditoría TCDS y disponibles para revisión paritaria.