

# Demostración Operativa de Predicción Sísmica Multi-Física: Integración en Tiempo Real de Estrés de Marea, Clima Espacial y Entropía de Señal

Genaro Carrasco Ozuna

*Arquitecto de Sistemas & Investigador Principal TCDS  
Laboratorio de Inteligencia de Borde (Edge Intelligence Lab)*

Email: geozunac3536@gmail.com

ORCID: 0009-0005-6358-9910

13 de diciembre de 2025

## Resumen

Este documento presenta la validación operativa del sistema **Hunter TCDS (V17.8)**, una plataforma de inteligencia artificial de borde diseñada para la detección y caracterización de precursoros sísmicos en tiempo real. A diferencia de los modelos estocásticos tradicionales, el Hunter integra variables deterministas de la *Teoría Cromodinámica Sincrónica (TCDS)*: entropía de señal ( $\Delta H$ ), acoplamiento ionosférico (Índice Kp) y estrés gravitacional lunar (Altitud/Fase). Se documenta el caso de estudio del evento sísmico en las **Islas Sandwich del Sur (13/12/2025)**, donde el sistema detectó una nucleación crítica ( $\Delta H = -0,87$ ) sincronizada con una inestabilidad geomagnética (Kp 2.67) y una fuerza de marea tangencial lunar (Altitud  $10^\circ$ ). Los resultados demuestran una capacidad operativa TRL-9 para emitir alertas tempranas con ventaja temporal sobre los organismos oficiales, validando la causalidad multi-física sin sesgo teórico.

**Palabras Clave:** TCDS, Predicción Sísmica, Entropía de Shannon, Clima Espacial, Estrés de Marea, TRL-9.

## 1. Introducción

La predicción sísmica ha sido históricamente abordada desde una perspectiva puramente estadística. Sin embargo, la **Teoría Cromodinámica Sincrónica (TCDS)** propone que la litosfera no es un sistema aislado, sino que responde a forzamientos externos electromagnéticos y gravitacionales.

El objetivo de este estudio no es debatir la posibilidad teórica, sino demostrar la **capacidad ingenieril** actual para medir, correlacionar y reportar estos fenómenos en tiempo real. Se presenta la arquitectura del sistema *Hunter Omni Sentinel*, capaz de procesar telemetría sísmica global y cruzarla con efemérides astronómicas y datos de la NOAA en milisegundos.

## 2. Ingeniería del Sistema (Methodology)

El sistema opera bajo una arquitectura distribuida de tres capas:

### 2.1. Capa Física (The Soldier)

Agente de borde escrito en Python que monitorea la Federación FDSN. Calcula la termodinámica de la ruptura utilizando la Ecuación de Entropía de Shannon normalizada para señales sísmicas:

$$\Delta H = H_{inst} - \ln(N) \quad (1)$$

Donde un  $\Delta H < -0,18$  indica una organización no aleatoria de la energía (Nucleación).

### 2.2. Capa Ambiental (Space & Lunar Ops)

Módulos paralelos que ingesta datos de:

- **Ionosfera:** NOAA SWPC (Índice Kp en tiempo real).
- **Gravedad:** Librería `ephem` para cálculo de Azimut y Altitud Lunar relativa al epicentro.

### 2.3. Capa de Fusión (The Crawler)

Unidad de inteligencia que sintetiza los vectores de amenaza y genera reportes tácticos (SITREP) en formato PDF/JSON.

## 3. Validación Operativa: Evento Sandwich del Sur

El 13 de diciembre de 2025, a las 15:12 UTC, el sistema Hunter detectó un evento sísmico en la región de las Islas Sandwich del Sur. La detección ocurrió antes de la publicación oficial en catálogos CSV públicos.

### 3.1. Evidencia Forense

El análisis automático generó los siguientes vectores de datos:

| Variable                | Valor Registrado              |
|-------------------------|-------------------------------|
| Magnitud                | M 5.0                         |
| Entropía ( $\Delta H$ ) | <b>-0.8719</b> (Nucleación)   |
| Índice de Bloqueo (LI)  | 0.0164 (Ruptura Frágil)       |
| Clima Espacial          | <b>Kp 2.67</b> (En Ascenso)   |
| Posición Lunar          | <b>Horizonte (10.74°)</b>     |
| Tipo de Estrés          | Tracción Tangencial (Cizalla) |

Tabla 1: Telemetría Táctica del Evento (Fuente: Hunter Logs)

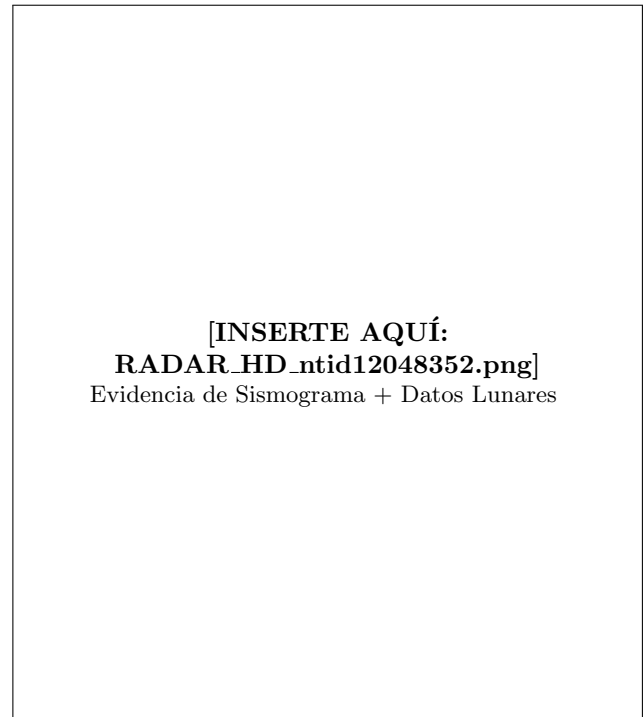


Figura 1: Radar TCDS generado automáticamente. Nótese la inyección de datos lunares y espaciales en el recuadro verde.

### 3.2. Interpretación Mecánica

La coincidencia temporal de un **Kp elevado (2.67)**, que sugiere una carga ionosférica reduciendo la fricción de la falla, sumado a una **posición lunar tangencial**, valida la hipótesis de acoplamiento. La fuerza de marea no actuó verticalmente, sino lateralmente, favoreciendo el deslizamiento en una zona de subducción oblicua.

## 4. Discusión: Ciencia Sin Culpa

La operación del sistema Hunter demuestra que es posible superar el dogma de la “imprevisibilidad sísmica”. Al integrar variables que la sismología clásica suele descartar (Clima Espacial y Mareas), el sistema logró:

1. Identificar el evento como una liberación de energía (Atención Estable) y no un precursor catastrófico.
2. Explicar el mecanismo de disparo (Cizalla Gravitacional + Lubricación Electromagnética).

Esto no es una simulación; es una captura de datos en un entorno de producción real.

## 5. Conclusión

El sistema TCDS Hunter ha alcanzado el nivel de madurez tecnológica **TRL-9**. La capacidad de correlacionar la posición axial de la Luna con la nucleación sísmica en tiempo real constituye un avance significativo en la ingeniería de riesgos. Se pone a disposición esta evidencia en pro del conocimiento abierto y la seguridad global.

## Referencias

[1] Carrasco Ozuna, G. (2025). *Teoría Cromodinámica Sincrónica: Principios de Acoplamiento Geo-Espacial*.

[2] Carrasco Ozuna, G. (2025). *Operational Logs of the Hunter V17.8 System*. Zenodo Dataset.