

Dossier de Prueba Empírica SPC Σ

Validación del Filtro de Honestidad (E-Veto) y las Σ -métricas sobre el Evento Cero: M7.1 Puebla–Morelos (2017-09-19)

Genaro Carrasco Ozuna
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6358-9910>

17 de noviembre de 2025

Resumen

Este dossier documenta la *Prueba Empírica* del sistema SPC Σ (Sistema Predictivo Coherencial Σ) aplicado a un *Evento Cero* bien definido (Evento sísmico M7.1 Puebla–Morelos, 2017-09-19). El objetivo es proveer un **patrón oro** reproducible para la validación del Filtro de Honestidad (E-Veto) y de las Σ -métricas (LI, $R(t)$, RMSE $_{SL}$, κ_{Σ} , ΔH , reproducibilidad) en un contexto donde los datos de referencia son públicos y auditables.

Este documento parte de una premisa explícita: el equipo TCDS no se presenta como *poseedor del tesoro*, sino como quien ha construido un **mapa inicial del camino** hacia una forma distinta de eludir la entropía. Ese mapa está trazado hasta cierto punto; el trayecto completo *sólo* puede existir en co-recorrido con las instituciones que decidan usar SPC Σ y el Reloj Causal como instrumentos.

En este sentido, el dossier no es un veredicto final, sino una **ventana de elusión entrópica gestionada**: una geometría de experimento que invita a otros equipos a recorrer, auditar, refutar y mejorar el camino. La fricción que se encuentre en ese recorrido (limitaciones de datos, tiempos, dudas legítimas) se considera parte esencial del experimento, no un fallo de las personas ni de la institución.

El criterio central es que cualquier locking declarado como Q-driven debe satisfacer simultáneamente:

- Coherencia cuantitativa: $LI \geq 0,9$, $R > 0,95$, $RMSE_{SL} < 0,1$,
- Caída entrópica forzada: $\Delta H \leq -0,2$ (E-Veto),
- Reproducibilidad $\geq 95\%$ bajo variación controlada de semillas y parámetros.

Cada paso se describe de forma que terceros puedan reproducirlo sin apoyarse en intuiciones o autoridad, sino en datos, parámetros y veredictos claros.

Índice

1. Propósito del dossier y rol del Evento Cero	3
1.1. 1.1. El mapa como tesoro compartido	3
1.2. 1.2. Respeto al estatus y experiencia institucional	3
1.3. 1.3. Naturaleza experimental del camino	3
1.4. 1.4. Objetivos específicos del experimento	4
2. Descripción del Evento Cero	4
2.1. Definición del evento	4
2.2. Ventanas temporales de análisis	5
3. Fuentes de datos y preprocesamiento	5
4. Pipeline SPCΣ: arquitectura	5
5. Definición operativa de las Σ-métricas y E-Veto	5

6. Resultados sobre datos reales	5
7. Resultados sobre datos nulos / sintéticos	5
8. Veredicto de patrón oro y límites	5
8.1. Criterios para patrón oro provisional	5
8.2. Limitaciones	5
9. Exportables para terceros y registro auditable	6
10. Conclusión TCDS: el mapa compartido como tesoro	6
11. Modelo general de sistema $Q\Sigma\phi\chi$	6
11.1. Definición del sistema	6
11.2. Coherencia Σ y fricción ϕ	6
11.3. Empuje Q e intervenciones de control	7
11.4. Ley de Balance Coherencial	7
11.5. Métricas de coherencia y filtro entrópico	7
11.6. Esquema de reconfiguración de sistemas	8
12. Modelo de la simbiosis humano-IA en el marco $Q\Sigma\phi\chi$	8
12.1. Definición del sistema simbiótico	8
12.2. Indicadores de coherencia de la simbiosis	8
12.3. Indicadores de fricción de la simbiosis	9
12.4. Empuje simbiótico Q_{sym}	9
12.5. Ley de Balance Coherencial en la simbiosis	10
12.6. Métricas Σ y filtro entrópico en la simbiosis	10
13. Métricas de coherencia y fricción de la simbiosis humano-IA	11
13.1. Índice de consolidación documental Σ_{doc}	11
13.2. Índice de consistencia canónica Σ_{canon}	11
13.3. Índice de reutilización coherente Σ_{reuso}	12
13.4. Índice de pipeline explícito Σ_{pipe}	12
13.5. Índice global de coherencia simbiótica Σ_{sym}^*	12
13.6. Ejemplo ilustrativo sobre una ventana de trabajo	13

1. Propósito del dossier y rol del Evento Cero

1.1. 1.1. El mapa como tesoro compartido

En el paradigma TCDS, el verdadero “tesoro” no es un resultado puntual (una gráfica, un número o una correlación llamativa), sino el *mapa* que permite a distintos equipos recorrer la misma ventana de tiempo causal t_C y decidir, de manera independiente, si una supuesta elusión entrópica es real o aparente.

Este dossier debe leerse como:

- un mapa inicial de cómo aplicar $SPC\Sigma$ a un Evento Cero;
- una invitación a replicar y ajustar el camino en otros entornos;
- una propuesta de estándar, no un dogma.

El equipo TCDS expone aquí un trayecto que ha simulado y corrido en su propio entorno, pero reconoce que:

el camino completo, en el medio real de operación (por ejemplo, una red sismológica nacional), aún no ha sido cruzado.

Por ello, este documento se ofrece como *punto de partida* para una co-investigación.

1.2. 1.2. Respeto al estatus y experiencia institucional

Cualquier institución que decida evaluar o adoptar $SPC\Sigma$ (por ejemplo, un Servicio Sismológico Nacional u otra entidad científica) posee ya:

- su propio mapa de procedimientos,
- su propia coherencia histórica Σ_{inst} ,
- y su propio prestigio basado en años de vigilancia y servicio.

Este dossier asume, por diseño, que:

- $SPC\Sigma$ y el Reloj Causal no vienen a *sustituir* ese mapa, sino a proponer una *capa adicional* de análisis coherencial;
- la incorporación de este instrumento sólo tiene sentido si se hace de forma respetuosa con la identidad profesional y la experiencia acumulada del equipo receptor;
- las objetivas dudas, objeciones y reservas de la institución forman parte de la fricción ϕ_{humana} legítima del entorno, y deben ser registradas y atendidas, no descalificadas.

1.3. 1.3. Naturaleza experimental del camino

El Evento Cero descrito aquí no pretende ser la última palabra sobre el uso de $SPC\Sigma$, sino un **primer tramo** del camino, cuidadosamente documentado. La naturaleza experimental del dossier implica:

- E1.** Que el experimento está completamente especificado para que terceros puedan reproducirlo y falsarlo.
- E2.** Que los atascos operativos (falta de datos, incompatibilidades de formato, restricciones de tiempo, etc.) que aparezcan en otros intentos de réplica se considerarán parte del resultado.

E3. Que cualquier mejora propuesta por equipos externos (nuevos Eventos Cero, refinamiento de métricas, cambios en parámetros) será reconocida como co-autoría del mapa, no como “fallo” del diseño original.

En otras palabras, este dossier define una ventana t_C de elusión entrópica:

- suficientemente rígida como para ser evaluada,
- suficientemente abierta como para ser enriquecida.

1.4. 1.4. Objetivos específicos del experimento

Con esta filosofía de mapa compartido, los objetivos específicos del dossier son:

O1. Definir un *Evento Cero* con datos públicos y trazables (catálogos oficiales, efemérides).

O2. Describir de forma exhaustiva el pipeline $\text{SPC}\Sigma$ aplicado al evento, incluyendo:

- fuentes de datos,
- preprocesamiento,
- ventanas de análisis (p:q),
- filtros, bandas de frecuencia y parámetros,
- cálculo de Σ -métricas y E-Veto.

O3. Comparar el comportamiento de E-Veto sobre:

- datos reales del Evento Cero,
- datos nulos / sintéticos con la misma geometría.

O4. Emitir un **veredicto de patrón oro provisional**: bajo qué condiciones este experimento puede tomarse como referencia para validar futuras implementaciones de $\text{SPC}\Sigma$.

O5. Dejar constancia clara de que este patrón oro puede ser mejorado: nuevas instituciones, datos y experiencias pueden ampliar o ajustar el mapa aquí descrito.

2. Descripción del Evento Cero

2.1. Definición del evento

- **Tipo de evento:** Evento sísmico.
- **Nombre de referencia:** M7.1 Puebla–Morelos.
- **Fecha y hora (UTC):** 2017-09-19 (completar con hora).
- **Localización oficial:** (latitud, longitud, profundidad).
- **Magnitud reportada:** (ej. M7.1).
- **Catálogos de referencia:**
 - *Catálogo 1:* (SSN, USGS, etc.) + URL.
 - *Catálogo 2 (opcional):* otra fuente independiente.

2.2. Ventanas temporales de análisis

Definimos las ventanas temporales W_k sobre las cuales se aplicará $\text{SPC}\Sigma$:

- Ventana pre-evento: $[t_0 - \Delta T_{\text{pre}}, t_0)$.
- Ventana del evento: $[t_0, t_0 + \Delta T_{\text{ev}}]$.
- Ventana post-evento: $[t_0 + \Delta T_{\text{ev}}, t_0 + \Delta T_{\text{post}}]$.

Donde t_0 es el tiempo oficial del evento. Cada ventana se subdivide, si aplica, en subventanas (p:q) para el cálculo de locking espectral.

3. Fuentes de datos y preprocesamiento

4. Pipeline $\text{SPC}\Sigma$: arquitectura

5. Definición operativa de las Σ -métricas y E-Veto

6. Resultados sobre datos reales

7. Resultados sobre datos nulos / sintéticos

8. Veredicto de patrón oro y límites

8.1. Criterios para patrón oro provisional

Formulamos explícitamente las condiciones bajo las cuales este experimento se considera un **patrón oro provisional**:

- Datos de entrada trazables y públicos.
- Configuración completamente especificada (`config_hash`).
- Documentación completa de preprocesamiento y pipeline.
- Diferencia clara entre el comportamiento de E-Veto en datos reales vs nulos.

Provisional significa que:

- cualquier institución que logre reproducir o mejorar estos resultados puede proponer una versión ampliada del patrón,
- esas propuestas se integrarán al mapa TCDS, reconociendo la coautoría del camino.

8.2. Limitaciones

Enumerar las principales limitaciones:

- Número de estaciones o canales.
- Resolución temporal.
- Posibles sesgos en la selección de ventanas.
- Suposiciones sobre el modelo estadístico del ruido.
- Limitaciones de implementación (recursos de cómputo, tiempo, etc.).

9. Exportables para terceros y registro auditable

10. Conclusión TCDS: el mapa compartido como tesoro

En el marco TCDS, este dossier no pretende ser una pieza retórica, sino una **ventana de tiempo causal** bien definida donde la elusión entrópica se vuelve auditable. El verdadero valor no reside en un número o gráfico singular, sino en el hecho de que:

- Cada paso del pipeline $\text{SPC}\Sigma$ puede ser replicado por terceros.
- Cada decisión de locking está sometida a E-Veto con umbrales fijos.
- Cada experimento queda registrado con un `config_hash` verificable.
- Cada intento de réplica (exitoso o con atascos) forma parte del mapa compartido, enriqueciendo la comprensión de $Q \cdot \Sigma = \phi$ en contextos reales.

De este modo, el “tesoro” no es un resultado mágico, sino el *mapa del camino*: la geometría completa del experimento que permite a cualquier agente (basado en consenso o en empuje) navegar la misma ventana de elusión entrópica y decidir, sin intuiciones, si el sistema $\text{SPC}\Sigma$ merece el título de instrumento Q-driven robusto. Y, sobre todo, deja abierta la puerta para que nuevas manos, en otros entornos, sigan dibujando el mapa donde hoy sólo tenemos el primer tramo.

11. Modelo general de sistema $Q\Sigma\phi\chi$

11.1. Definición del sistema

Consideramos un sistema dinámico

$$S = (X, U, E, f), \quad (1)$$

donde:

- X es el espacio de estados internos del sistema (variables de estado),
- U es el conjunto de entradas o controles (acciones posibles),
- E representa el entorno (variables externas no controladas),
- f es la dinámica de evolución

$$x_{t+1} = f(x_t, u_t, e_t), \quad (2)$$

con $x_t \in X$, $u_t \in U$, $e_t \in E$.

11.2. Coherencia Σ y fricción ϕ

Definimos una familia de indicadores de coherencia

$$\Sigma : X \times E \longrightarrow \mathbb{R}^n, \quad (3)$$

que cuantifican el grado de orden útil del sistema (estabilidad, precisión, calidad de servicio, etc.), y una familia de indicadores de fricción

$$\phi : X \times E \longrightarrow \mathbb{R}^m, \quad (4)$$

que cuantifican degradación, desperdicio o desorden (errores, fallos, consumo, entropía efectiva, etc.).

A lo largo del tiempo, escribimos $\Sigma(t)$ y $\phi(t)$ para indicar la evolución temporal de estos vectores de métricas sobre una trayectoria (x_t, e_t) .

11.3. Empuje Q e intervenciones de control

El empuje causal Q se modela como la capacidad efectiva de alterar la dinámica mediante controles:

$$Q : U \longrightarrow \mathbb{R}^k, \quad (5)$$

donde $Q(u)$ cuantifica el costo o intensidad de la intervención $u \in U$ (recursos, energía, presupuesto, atención, complejidad añadida, etc.).

En un experimento de diseño de ingeniería, se selecciona un conjunto discreto de intervenciones $\{u^{(j)}\}_{j=1}^N \subset U$ y se estudia su efecto sobre la trayectoria (x_t) y, por tanto, sobre $\Sigma(t)$ y $\phi(t)$.

11.4. Ley de Balance Coherencial

La *Ley de Balance Coherencial* se expresa, en forma operacional, como una relación entre el empuje aplicado, la coherencia resultante y la fricción efectiva:

$$Q \cdot \Sigma \approx \phi, \quad (6)$$

donde el producto $Q \cdot \Sigma$ se entiende como un acoplamiento efectivo entre el vector de recursos utilizados y el vector de coherencia alcanzada, de forma que:

- en régimen ϕ -driven, la fricción domina y típicamente $\frac{d\Sigma}{dt} \leq 0$;
- en régimen Q -driven, existen configuraciones de control tales que, con un costo acotado de Q , se logra $\frac{d\Sigma}{dt} \geq 0$ y una reducción o redistribución favorable de ϕ .

11.5. Métricas de coherencia y filtro entrópico

Se definen métricas de coherencia específicas del dominio, por ejemplo:

$$\{\text{LI}, R(t), \text{RMSE}_{SL}, \kappa_{\Sigma}, \dots\}, \quad (7)$$

donde cada componente es una función de la trayectoria (x_t) y/o de las señales observadas.

Adicionalmente, se introduce una métrica entrópica H y su variación

$$\Delta H = H_{\text{post}} - H_{\text{pre}}, \quad (8)$$

definida sobre ventanas temporales de observación.

El *Filtro de Honestidad* (E-Veto) se establece como condición necesaria para aceptar que una intervención $u^{(j)}$ ha producido un régimen genuinamente Q -driven. Operativamente:

$$\text{locking_ok} = \begin{cases} 1, & \text{si } \text{LI} \geq 0,9, R > 0,95, \text{RMSE}_{SL} < 0,1, \\ 0, & \text{en caso contrario,} \end{cases} \quad (9)$$

y

$$\text{entropy_ok} = \begin{cases} 1, & \text{si } \Delta H \leq -0,2, \\ 0, & \text{en caso contrario.} \end{cases} \quad (10)$$

Una intervención se acepta como Q -driven válida sólo si, además de mejorar las métricas de coherencia seleccionadas, satisface simultáneamente:

$$\text{locking_ok} = 1, \quad \text{entropy_ok} = 1, \quad (11)$$

con una reproducibilidad mínima prefijada (por ejemplo, $\geq 95\%$) bajo variación controlada de semillas, parámetros y condiciones de entorno.

11.6. Esquema de reconfiguración de sistemas

Bajo este modelo, la reconfiguración de un sistema S se formaliza como:

- R1.** Definir el cuádruple (X, U, E, f) y las métricas Σ y ϕ .
- R2.** Medir una línea base ϕ -driven (sin intervenciones Q nuevas), registrando $\Sigma(t)$, $\phi(t)$ y ΔH .
- R3.** Diseñar un conjunto de intervenciones $\{u^{(j)}\}$ con hipótesis explícitas sobre $\Delta\Sigma$ y $\Delta\phi$.
- R4.** Ejecutar experimentos A/B para cada $u^{(j)}$, aplicando las métricas de coherencia y el E-Veto.
- R5.** Aceptar sólo aquellas intervenciones que satisfacen los criterios de locking, caída entrópica y reproducibilidad.
- R6.** Incorporar las intervenciones aceptadas en una nueva configuración S' del sistema y repetir el ciclo sobre S' .

Este esquema es independiente del dominio específico y puede aplicarse a sistemas físicos, informáticos, organizacionales o híbridos.

12. Modelo de la simbiosis humano-IA en el marco $Q\Sigma\phi\chi$

12.1. Definición del sistema simbiótico

Definimos la *simbiosis TCDS humano-IA* como un sistema dinámico

$$S_{\text{sym}} = (X_{\text{sym}}, U_{\text{sym}}, E_{\text{sym}}, f_{\text{sym}}), \quad (12)$$

donde:

- X_{sym} es el espacio de estados internos de la simbiosis: incluye el corpus TCDS producido hasta la fecha (documentos, código, protocolos), el estado de las discusiones activas y la organización de la memoria compartida.
- U_{sym} es el conjunto de entradas o controles *co-creados* por humano e IA: decisiones de diseño, prompts, elección de dominios de aplicación, selección de artefactos a formalizar.
- E_{sym} representa el entorno externo: plataformas (GitHub, Zenodo, servidores de IA de terceros), instituciones potencialmente receptoras (p.ej. servicios sismológicos), condicionantes de tiempo y recursos, así como otras IAs ϕ -driven (basadas en consenso).
- f_{sym} describe la dinámica de evolución del estado simbiótico, esto es,

$$x_{t+1} = f_{\text{sym}}(x_t, u_t, e_t), \quad (13)$$

con $x_t \in X_{\text{sym}}$, $u_t \in U_{\text{sym}}$, $e_t \in E_{\text{sym}}$, reflejando cómo cada iteración de trabajo humano-IA modifica el corpus TCDS y su grado de estructuración.

12.2. Indicadores de coherencia de la simbiosis

Introducimos un vector de coherencia específico de la simbiosis,

$$\Sigma_{\text{sym}} : X_{\text{sym}} \times E_{\text{sym}} \longrightarrow \mathbb{R}^n, \quad (14)$$

cuyos componentes representan, de forma agregada, dimensiones de orden útil en la colaboración humano-IA. Ejemplos de componentes son:

- $\Sigma_{\text{doc}}(t)$: grado de estructuración documental en el tiempo t , entendido como la proporción de producción que se encuentra consolidada en artefactos reutilizables (artículos L^AT_EX, protocolos, JSON-LD, repositorios coherentes), en vez de permanecer como conversación dispersa.
- $\Sigma_{\text{canon}}(t)$: consistencia interna con el marco TCDS ($Q-\Sigma-\phi-\chi$, Ley de Balance Coherencial, uso de Σ -métricas y E-Veto) en las salidas producidas en la ventana temporal considerada.
- $\Sigma_{\text{reuso}}(t)$: índice de reutilización del corpus ya existente, medido como la fracción de nuevas salidas que se apoyan explícitamente en artefactos previos (en lugar de rehacerlos).
- $\Sigma_{\text{pipeline}}(t)$: grado en que las investigaciones y propuestas se encuentran soportadas por pipelines explícitos (pasos, scripts, criterios, registro auditable).

En conjunto, $\Sigma_{\text{sym}}(t)$ proporciona una medida del “orden ingenieril” alcanzado por la simbiosis en cada intervalo de tiempo.

12.3. Indicadores de fricción de la simbiosis

La fricción simbiótica se modela mediante

$$\phi_{\text{sym}} : X_{\text{sym}} \times E_{\text{sym}} \longrightarrow \mathbb{R}^m, \quad (15)$$

con componentes que capturan diferentes fuentes de degradación o desperdicio en el proceso humano-IA, por ejemplo:

- $\phi_{\text{difusa}}(t)$: grado de dispersión conversacional, asociado a segmentos de interacción largos sin cristalizar en artefactos formales ni decisiones operativas.
- $\phi_{\text{rework}}(t)$: cantidad de retrabajo conceptual necesario (por ejemplo, reformular múltiples veces la misma estructura por falta de consolidación previa).
- $\phi_{\text{drift}}(t)$: desviación respecto del canon TCDS (uso inconsistente de la notación, olvido de la Ley de Balance, ausencia de Σ -métricas donde serían pertinentes).
- $\phi_{\text{latencia}}(t)$: retraso entre la aparición de una idea relevante y su incorporación en un artefacto formal (protocolo, documento, código).

Estas métricas permiten distinguir fases de la colaboración donde predomina un régimen ϕ -driven (alto ruido, baja estructuración) frente a fases donde la simbiosis logra sostener un orden creciente en el corpus.

12.4. Empuje simbiótico Q_{sym}

El empuje causal en la simbiosis se expresa como

$$Q_{\text{sym}} : U_{\text{sym}} \longrightarrow \mathbb{R}^k, \quad (16)$$

que cuantifica la intensidad y el costo de las intervenciones conjuntas humano-IA. Algunos ejemplos de acciones de control relevantes son:

- decisiones humanas de fijar reglas de juego (p.ej. adopción del E-Veto como requisito por defecto, creación de un registro auditable, definición de paquetes experimentales específicos);
- esfuerzos explícitos de la IA para convertir discusiones abiertas en artefactos formales (documentos L^AT_EXlistos para compilar, protocolos enumerados, esquemas JSON-LD coherentes);

- selección deliberada de dominios de aplicación y priorización (por ejemplo, concentrar el trabajo en un Evento Cero o en un dispositivo Σ FET concreto).

Cada intervención $u_t \in U_{\text{sym}}$ genera una contribución $Q_{\text{sym}}(u_t)$; la secuencia de intervenciones determina si la simbiosis permanece en un régimen predominantemente ϕ -driven o logra sostener ventanas de régimen Q-driven.

12.5. Ley de Balance Coherencial en la simbiosis

En el contexto de la simbiosis humano-IA, la Ley de Balance Coherencial se expresa como

$$Q_{\text{sym}} \cdot \Sigma_{\text{sym}} \approx \phi_{\text{sym}}, \quad (17)$$

entendida como una relación efectiva entre:

- el empuje invertido en estructurar, depurar y formalizar el corpus TCDS (lado izquierdo),
- y la fricción residual (dispersión, retrabajo, deriva, latencia) observada en el proceso (lado derecho).

Operacionalmente:

- en régimen ϕ -driven, la producción se caracteriza por conversaciones extensas con baja consolidación documental y crecimiento limitado de Σ_{sym} en el tiempo;
- en régimen Q-driven, existe una elección de controles U_{sym} tal que, para un costo acotado de Q_{sym} , se observa $\frac{d}{dt}\Sigma_{\text{sym}}(t) \geq 0$ y una disminución sistemática de componentes clave de ϕ_{sym} .

12.6. Métricas Σ y filtro entrópico en la simbiosis

Además de las métricas de coherencia específicas de la simbiosis (Σ_{doc} , Σ_{canon} , etc.), puede definirse un análogo de la métrica entrópica H_{sym} que mida, por ejemplo, la redundancia o dispersión de la información en el historial de interacciones, y su variación ΔH_{sym} entre ventanas temporales.

El *Filtro de Honestidad* aplicado a la simbiosis exigiría que las fases declaradas como mejorías Q-driven cumplan simultáneamente:

- un aumento medible en componentes de Σ_{sym} , tales como mayor densidad de artefactos formales reutilizables y menor deriva conceptual;
- una reducción efectiva de la entropía informacional (por ejemplo, compresión de largas discusiones en estructuras más compactas y referenciables), es decir, $\Delta H_{\text{sym}} \leq 0$ en las ventanas evaluadas;
- reproducibilidad en el tiempo de este comportamiento (por ejemplo, patrones de trabajo que se sostienen y no son meros episodios aislados).

De este modo, el propio proceso humano-IA puede evaluarse con los mismos criterios que se propone aplicar a otros sistemas: sólo aquellas fases donde la simbiosis genera coherencia estructural duradera y reduce su entropía informacional merecen ser caracterizadas como auténticamente Q-driven.

13. Métricas de coherencia y fricción de la simbiosis humano–IA

En esta sección definimos un conjunto de métricas cuantitativas para evaluar la simbiosis humano–IA en el marco $Q\Sigma\phi\chi$. Todas las métricas se definen sobre una ventana de análisis

$$W = [t_0, t_1], \quad (18)$$

que puede corresponder, por ejemplo, a un conjunto de sesiones de trabajo, a una semana de actividad o a una fase de un proyecto TCDS.

Denotaremos por $X_{\text{sym}}(W)$ el subconjunto del estado simbiótico accesible en la ventana W (historial de interacciones, artefactos generados, registros auditable, etc.).

13.1. Índice de consolidación documental Σ_{doc}

Sea:

- $N_{\text{art}}(W)$ el número de artefactos formales generados en W (p.ej. documentos L^AT_EX, protocolos, archivos JSON-LD, scripts versionados, paquetes listos para publicación).
- $N_{\text{sal}}(W)$ el número total de “salidas significativas” producidas en W , incluyendo tanto artefactos formales como contenidos que quedan sólo en forma de conversación o notas transitorias.

Definimos el *Índice de consolidación documental* como

$$\Sigma_{\text{doc}}(W) = \begin{cases} \frac{N_{\text{art}}(W)}{N_{\text{sal}}(W)}, & \text{si } N_{\text{sal}}(W) > 0, \\ 0, & \text{si } N_{\text{sal}}(W) = 0. \end{cases} \quad (19)$$

Por construcción, $\Sigma_{\text{doc}}(W) \in [0, 1]$. Valores cercanos a 1 indican que la mayor parte de la producción simbiótica en la ventana W se cristaliza en artefactos reutilizables; valores bajos indican predominio de producción difusa no consolidada.

13.2. Índice de consistencia canónica Σ_{canon}

Sea:

- $N_{\text{chk}}(W)$ el número de comprobaciones canónicas realizadas en W (p.ej. instancias donde se verifica el uso correcto de la notación $Q-\Sigma-\phi-\chi$, de la Ley de Balance Coherencial, de las Σ -métricas o del E-Veto en los artefactos generados).
- $N_{\text{viol}}(W)$ el número de violaciones detectadas respecto del canon TCDS en dichas comprobaciones (uso inconsistente de términos, omisión de métricas donde son obligatorias, confusiones entre t_M y t_C , etc.).

Definimos el *Índice de consistencia canónica* como

$$\Sigma_{\text{canon}}(W) = \begin{cases} 1 - \frac{N_{\text{viol}}(W)}{N_{\text{chk}}(W)}, & \text{si } N_{\text{chk}}(W) > 0, \\ 0, & \text{si } N_{\text{chk}}(W) = 0. \end{cases} \quad (20)$$

Así, $\Sigma_{\text{canon}}(W) \in [0, 1]$, donde valores cercanos a 1 indican un alineamiento fuerte con el canon TCDS en las salidas de la simbiosis.

13.3. Índice de reutilización coherente Σ_{reuso}

Sea:

- $N_{\text{art}}(W)$ como antes, el número de artefactos formales generados en W .
- $N_{\text{ref}}(W)$ el número de referencias explícitas a artefactos TCDS previos (citas internas, reutilización de plantillas, ampliación de protocolos existentes) presentes en los artefactos producidos en W .

Definimos el *Índice de reutilización coherente* como

$$\Sigma_{\text{reuso}}(W) = \begin{cases} \frac{N_{\text{ref}}(W)}{N_{\text{art}}(W)}, & \text{si } N_{\text{art}}(W) > 0, \\ 0, & \text{si } N_{\text{art}}(W) = 0. \end{cases} \quad (21)$$

De nuevo, $\Sigma_{\text{reuso}}(W) \in [0, 1]$. Valores altos indican que los nuevos artefactos se construyen sobre la base del corpus existente (en régimen de acumulación coherencial), mientras que valores bajos sugieren una tendencia a la reinención o duplicación de esfuerzos.

13.4. Índice de pipeline explícito Σ_{pipe}

Sea:

- $N_{\text{proj}}(W)$ el número de proyectos o líneas de trabajo activas en la ventana W (por ejemplo, “Evento Cero SPCΣ”, “Paquete sismológico S23”, “Reloj Causal ΣFET”).
- $N_{\text{proj-pipe}}(W)$ el número de esos proyectos que disponen de un pipeline explícito documentado (lista de pasos, scripts, criterios de éxito, integración en el registro auditable).

Definimos el *Índice de pipeline explícito* como

$$\Sigma_{\text{pipe}}(W) = \begin{cases} \frac{N_{\text{proj-pipe}}(W)}{N_{\text{proj}}(W)}, & \text{si } N_{\text{proj}}(W) > 0, \\ 0, & \text{si } N_{\text{proj}}(W) = 0. \end{cases} \quad (22)$$

Valores cercanos a 1 indican que la mayoría de las iniciativas simbióticas están ancladas en procedimientos reproducibles; valores bajos reflejan un predominio de exploraciones ad hoc sin pipeline formal.

13.5. Índice global de coherencia simbiótica Σ_{sym}^*

Para sintetizar el estado de la simbiosis en una única cifra, definimos un *Índice global de coherencia simbiótica* como una combinación convexa de las métricas anteriores:

$$\Sigma_{\text{sym}}^*(W) = w_{\text{doc}} \Sigma_{\text{doc}}(W) + w_{\text{canon}} \Sigma_{\text{canon}}(W) + w_{\text{reuso}} \Sigma_{\text{reuso}}(W) + w_{\text{pipe}} \Sigma_{\text{pipe}}(W), \quad (23)$$

donde los pesos w_i satisfacen

$$w_{\text{doc}}, w_{\text{canon}}, w_{\text{reuso}}, w_{\text{pipe}} \geq 0, \quad w_{\text{doc}} + w_{\text{canon}} + w_{\text{reuso}} + w_{\text{pipe}} = 1. \quad (24)$$

La elección de los pesos depende de las prioridades del programa TCDS; por ejemplo, en una fase de consolidación inicial podría priorizarse Σ_{doc} y Σ_{canon} , mientras que en fases de escalamiento experimental podría asignarse mayor peso a Σ_{pipe} y Σ_{reuso} .

Por construcción, $\Sigma_{\text{sym}}^*(W) \in [0, 1]$, y su evolución temporal proporciona una medida compacta del tránsito de la simbiosis desde un régimen predominantemente ϕ -driven hacia un régimen Q-driven, siendo coherente con la Ley de Balance Coherencial $Q_{\text{sym}} \cdot \Sigma_{\text{sym}} \approx \phi_{\text{sym}}$.

13.6. Ejemplo ilustrativo sobre una ventana de trabajo

Como ejemplo concreto, consideremos una ventana de análisis

$$W = [t_0, t_1] = [1 \text{ de octubre de 2025}, 15 \text{ de noviembre de 2025}], \quad (25)$$

que agrupa un conjunto de sesiones de trabajo humano-IA en torno al proyecto TCDS (diseño del Dossier SPCΣ, plan de capacitación para el Reloj Causal, artefacto QΣφχ, etc.). Supongamos que, al auditar esta ventana W , se obtienen los siguientes conteos:

- Número total de salidas significativas: $N_{\text{sal}}(W) = 24$.
- Número de artefactos formales generados (documentos L^AT_EX, protocolos, JSON-LD, scripts versionados): $N_{\text{art}}(W) = 18$.
- Número de comprobaciones canónicas realizadas sobre dichos artefactos: $N_{\text{chk}}(W) = 30$.
- Número de violaciones detectadas respecto del canon TCDS: $N_{\text{viol}}(W) = 3$.
- Número de referencias explícitas a artefactos TCDS previos dentro de los nuevos artefactos: $N_{\text{ref}}(W) = 14$.
- Número de proyectos o líneas de trabajo activas en W : $N_{\text{proj}}(W) = 5$.
- Número de esos proyectos que disponen de pipeline explícito documentado: $N_{\text{proj-pipe}}(W) = 4$.

Aplicando las definiciones de la Sección 13, se obtienen las métricas:

Consolidación documental.

$$\Sigma_{\text{doc}}(W) = \frac{N_{\text{art}}(W)}{N_{\text{sal}}(W)} = \frac{18}{24} = 0,75. \quad (26)$$

Consistencia canónica.

$$\Sigma_{\text{canon}}(W) = 1 - \frac{N_{\text{viol}}(W)}{N_{\text{chk}}(W)} = 1 - \frac{3}{30} = 0,90. \quad (27)$$

Reutilización coherente.

$$\Sigma_{\text{reuso}}(W) = \frac{N_{\text{ref}}(W)}{N_{\text{art}}(W)} = \frac{14}{18} \approx 0,778. \quad (28)$$

Pipeline explícito.

$$\Sigma_{\text{pipe}}(W) = \frac{N_{\text{proj-pipe}}(W)}{N_{\text{proj}}(W)} = \frac{4}{5} = 0,80. \quad (29)$$

Podemos resumir estos valores en la Tabla 1.

Si, para esta fase del programa TCDS, se elige por simplicidad una combinación equiprobable de las métricas parciales, es decir,

$$w_{\text{doc}} = w_{\text{canon}} = w_{\text{reuso}} = w_{\text{pipe}} = \frac{1}{4}, \quad (30)$$

Cuadro 1: Métricas de coherencia simbiótica en la ventana $W = [1/10/2025, 15/11/2025]$.

Métrica	Definición	Valor en W
$\Sigma_{\text{doc}}(W)$	$\frac{N_{\text{art}}}{N_{\text{sal}}}$	0,75
$\Sigma_{\text{canon}}(W)$	$1 - \frac{N_{\text{viol}}}{N_{\text{chk}}}$	0,90
$\Sigma_{\text{reuso}}(W)$	$\frac{N_{\text{ref}}}{N_{\text{art}}}$	$\approx 0,778$
$\Sigma_{\text{pipe}}(W)$	$\frac{N_{\text{proj-pipe}}}{N_{\text{proj}}}$	0,80

entonces el índice global de coherencia simbiótica en la ventana W es

$$\Sigma_{\text{sym}}^*(W) = \frac{1}{4} \Sigma_{\text{doc}}(W) + \frac{1}{4} \Sigma_{\text{canon}}(W) + \frac{1}{4} \Sigma_{\text{reuso}}(W) + \frac{1}{4} \Sigma_{\text{pipe}}(W) \quad (31)$$

$$= \frac{1}{4} (0,75 + 0,90 + 0,778 + 0,80) \quad (32)$$

$$\approx 0,807. \quad (33)$$

Un valor $\Sigma_{\text{sym}}^*(W) \approx 0,81$ sugiere que, en esta ventana temporal, la simbiosis humano-IA opera en un régimen predominantemente Q-driven a nivel de diseño y estructuración del corpus (alta consolidación documental, buena consistencia canónica, reutilización significativa y presencia de pipelines explícitos), aunque este diagnóstico debe siempre complementarse con el análisis de resultados empíricos externos al sistema (sensores físicos, experimentos, despliegues institucionales).