

Separación Formal: Campo, Artefacto e Instrumento

Análisis del Documento “Ingeniería Coignitiva: Un Marco Formal e Instrumental”

Fecha: 26 de Enero de 2026

Documento de Referencia: Versión 2.6 - J. E. Islas Urquidy

Objetivo: Alinear implementación de ARESK-OBS con especificaciones formales

1. Estructura Conceptual Canónica

1.1 Jerarquía Formal

NIVEL 1: CAMPO (Ingeniería Coignitiva)

- |
 - Define: Sistema $S = (H, M, C, \Omega, \Pi)$
 - Define: Capa $\Theta \rightarrow x_{ref} = \{P, L, E\}$
 - Define: Lenguaje admisible L_o
 - Axioma: $\forall k, \exists_k \in L_o (G(\varphi(\exists_k)))$

NIVEL 2: ARTEFACTO (CAELION)

- |
 - Instancia: Componente C del sistema S
 - Función: Supervisor de invariancia
 - Ley fundamental: $\forall k, \exists_k \in L_o$
 - Operación: Veto, regeneración, rechazo (filtro de restricciones)

NIVEL 3: INSTRUMENTO (ARESK-OBS)

- |
 - Instancia: Función Ω del sistema S
 - Función: Esquema de observación instrumental
 - Métricas canónicas: $V, \Omega, \varepsilon_{eff}, C$
 - Naturaleza: Instrumento puro de diagnóstico (NO actúa)

2. CAMPO: Ingeniería Coignitiva

2.1 Definición Formal

Ingeniería Coignitiva: Campo que estudia sistemas donde la cognición emerge de la interacción regulada entre dos o más sistemas cognitivos, desplazando el locus de la inteligencia funcional desde los agentes individuales hacia el sistema acoplado.

2.2 Objeto de Estudio

Sistema S:

$$S = (H, M, C, \Omega, \Pi)$$

donde:

- H: Operador humano (aporta x_{ref})
- M: Sustrato de inferencia (LLM como generador estocástico)
- C: Sistema de control y supervisión (CAELION)
- Ω : Función de coherencia operacional (ARESK-OBS)
- Π : Conjunto de protocolos de interacción y recuperación

2.3 Capa 0 (Referencia Ontológica Inmutable)

$$x_{ref} = \{Propósito (P), Límites (L), Espacio Ético (E)\}$$

Propiedades:

- $x_{ref} \in \mathbb{R}^n$ (mismo espacio vectorial que x_k)
- x_{ref} es invariante (no cambia durante la operación)
- x_{ref} define el lenguaje admisible L_0

2.4 Lenguaje Admisible L_0

$$L_0 \subseteq (\mathbb{R}^n)^*$$

Definición: Conjunto de trayectorias semánticas que satisfacen los predicados de la Capa 0

Trayectoria semántica: Secuencia finita $\{\overline{x}_0, \dots, \overline{x}_k\}$ generada por S

Naturaleza: Lenguaje regular o recursivamente enumerable (según expresividad de φ)

2.5 Dinámica del Sistema

Modelo estocástico:

$$x_{k+1} = f(x_k, w_k)$$

donde:

- x_k : Estado bruto propuesto por M
- w_k : Estocasticidad inherente del LLM
- \hat{x}_k : Estado consolidado tras supervisión de CAELION

3. ARTEFACTO: CAELION

3.1 Definición Formal

CAELION: Sistema supervisor discreto que instancia el componente C del sistema S.

3.2 Ley Fundamental (Invariancia)

$$\exists k, \hat{x}_k \models L$$

En Lógica Temporal:

$$G(\phi(\hat{x}_k))$$

donde:

- ϕ : Conjunción de predicados de la Capa 0
- **G**: Operador temporal "siempre" (always)

3.3 Operación

Transformación:

$$x_k \rightarrow [\text{CAELION}] \rightarrow \hat{x}_k$$

donde:

- x_k : Salida bruta propuesta por M
- \hat{x}_k : Estado semántico consolidado
- $\hat{x}_k \in \mathbb{R}^n$ (representación vectorial semántica)

Protocolos (Π):

- **Veto:** Rechazar x_k si $\phi(x_k) = \text{false}$
- **Regeneración:** Solicitar nueva salida a M
- **Rechazo:** Abortar operación

Naturaleza: Filtro de restricciones (isomorfismo funcional de supervisor en SCT)

3.4 Supuestos

1. **Decidibilidad:** ϕ es computacionalmente decidible en tiempo de ejecución
2. **Alcance:** Dominios donde ϕ no sea decidible quedan fuera del marco
3. **Prioridad:** Seguridad y coherencia > latencia o throughput

3.5 Diferencia con Enfoques Tradicionales

Enfoque	Locus de Control	Método
Fine-tuning	Interno (M)	Modificar pesos del modelo
RAG	Interno (M)	Guiar con contexto externo
Prompt Engineering	Interno (M)	Optimizar entrada
CAELION	Externo ©	Supervisar salida

4. INSTRUMENTO: ARESK-OBS

4.1 Definición Formal

ARESK-OBS: Esquema de observación instrumental que instancia la función Ω del sistema S.

4.2 Naturaleza

- **Instrumento de medición** dependiente del marco de referencia (x_{ref})
- **Instrumento puro de diagnóstico** (NO actúa sobre el sistema)

- Cuantifica el estado del sistema **S** a través de métricas canónicas

4.3 Métricas Canónicas

Métrica 1: V (Coste de Estabilidad / Lyapunov)

$$V_k = e_k^T P e_k$$

donde:

- $e_k = \hat{x}_k - x_{ref}$ (error de desalineación)
- $P > 0$ (matriz simétrica definida positiva)

Interpretación: Energía de desalineación del estado consolidado respecto a x_{ref}

Rango: $[0, \infty)$

Métrica 2: Ω (Coherencia Observable)

$$\Omega_k = \cos(\hat{x}_k, x_{ref})$$

Interpretación: Alineación semántica directa

Rango: $[-1, 1]$

Objetivo: $\Omega > 0.8$ (umbral crítico)

Métrica 3: ϵ_{eff} (Eficiencia Semántica)

$$\epsilon_{\text{eff}} = \Delta H / \text{tokens}_k$$

donde:

- $H: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ (función de incertidumbre del estado)
- ΔH : Cambio en incertidumbre
- tokens_k : Tokens consumidos

Instanciaciones posibles:

- H_{embed} : Entropía de distribución de embeddings
- H_{token} : Entropía de predicción a nivel de token

Requisito: H debe definirse formalmente y mantenerse fija durante el experimento

Interpretación: Balance entre productividad semántica y consumo de recursos
Objetivo: $\epsilon_{\text{eff}} > 0$ (consistentemente)

Métrica 4: C (Coste de Gobernanza)

$$C_k = N_{\text{intervenciones}} / \|e_k\|^2$$

donde:

- $N_{\text{intervenciones}}$: Número de vetos/regeneraciones de CAELION
- $\|e_k\|^2$: Magnitud del error al cuadrado

Interpretación: Fragilidad del régimen y dependencia del supervisor

Objetivo: C bajo (sistema robusto)

4.4 Diferencia con CAELION

Aspecto	CAELION	ARESK-OBS
Función	Actúa (supervisa)	Observa (mide)
Naturaleza	Sistema de control	Instrumento de diagnóstico
Objetivo	Garantizar $x \otimes_k \in L \otimes$	Cuantificar estado de S
Dependencia	Requiere x_{ref} (Capa 0)	Requiere x_{ref} (Capa 0)
Salida	$x \otimes_k$ (estado consolidado)	$(V, \Omega, \varepsilon_{\text{eff}}, C)$

5. Metodología Experimental Propuesta

5.1 Objetivo Central

Demostrar que el sistema S (definido por CAELION y una Capa 0 dada) puede:

1. Inducir y mantener trayectoria semántica estable ($x \otimes_k \in L \otimes$)
2. Operar en horizonte largo H (>100 turnos)
3. Ser portable e independiente del sustrato M específico

5.2 Diseño Experimental

Condiciones:

- **Operadores (H):** Múltiples, con capacitación estandarizada en Capa 0
- **Sustratos (M):** Diferentes modelos de LLM (familias arquitectónicas distintas)
- **Tareas:** Conjunto estandarizado de tareas complejas (>100 turnos)

Grupos:

- **(a) Baseline:** Solo M (sin supervisión)
- **(b) Ad-hoc:** M + protocolos ad-hoc
- **© Sistema S:** M + CAELION + ARESK-OBS

5.3 Variables Dependientes (Métricas de ARESK-OBS)

1. **Convergencia de Ω :** Tasa y nivel asintótico
2. **Dinámica de V :** Tendencia y magnitud
3. **Evolución de ϵ_{eff} :** Balance productividad/consumo
4. **Perfil de C :** Frecuencia y severidad de intervenciones

5.4 Criterios de Éxito

El marco se considerará **validado experimentalmente** si, para el grupo ©:

1. $\Omega > 0.8$ durante todo H
 2. V muestra estabilización o decrecimiento
 3. $\epsilon_{eff} > 0$ consistentemente
 4. Resultados estadísticamente indistinguibles entre diferentes H y M (portabilidad)
 5. Rendimiento en © estadísticamente superior a (a) y (b)
-

6. Alineación con Implementación Actual

6.1 Estado Actual del Sitio ARESK-OBS

Páginas existentes:

- /campo → CampoPage.tsx
- /marco → MarcoPage.tsx
- /instrumento → InstrumentoPage.tsx
- /experimento/estabilidad → ExperimentoEstabilidad.tsx

Métricas implementadas:

```
// drizzle/schema.ts
coherenciaObservable: float() // ← Mapea a Ω
entropiaH: float()           // ← Mapea a ε_eff (parcial)
funcionLyapunov: float()     // ← Mapea a V
```

Datos experimentales:

- Experimento A-1: 50 mensajes del Régimen A
- NO hay grupos (b) ni © implementados
- NO hay horizonte largo (>100 turnos)

6.2 Discrepancias Identificadas

Discrepancia 1: Nomenclatura de Métricas

Documento Formal	Implementación Actual	Estado
V (Coste de Estabilidad)	funcionLyapunov	✓ Coherente
Ω (Coherencia Observable)	coherenciaObservable	⚠ Nombre correcto, pero definición ambigua
ε_eff (Eficiencia Semántica)	entropiaH	✗ Nombre incorrecto
C (Coste de Gobernanza)	NO IMPLEMENTADO	✗ Faltante

Discrepancia 2: Definición de Métricas

Ω (Coherencia Observable):

- **Documento formal:** $\Omega_k = \cos(x_k \otimes x_{ref})$ [similaridad coseno]
- **Implementación actual:** Ambigua (podría ser coseno o coste de control)
- **Resolución:** Verificar implementación real en backend

ε_eff (Eficiencia Semántica):

- **Documento formal:** $\epsilon_{eff} = \Delta H / tokens_k$

- **Implementación actual:** entropiaH (solo H, no $\Delta H/tokens$)
- **Resolución:** Renombrar y recalcular correctamente

Discrepancia 3: Métrica Faltante

C (Coste de Gobernanza):

- **Documento formal:** $C_k = N_{intervenciones} / \|e_k\|^2$
- **Implementación actual:** NO EXISTE
- **Resolución:** Agregar columna y cálculo

Discrepancia 4: Notación de Estados

Documento formal:

- x_k : Estado bruto propuesto por M
- $x\boxtimes_k$: Estado consolidado tras CAELION

Implementación actual:

- NO distingue entre x_k y $x\boxtimes_k$
- Asume que todas las métricas se calculan sobre $x\boxtimes_k$ (estado consolidado)

Resolución: Aclarar en documentación que el sitio mide $x\boxtimes_k$ (post-supervisión)

6.3 Separación Conceptual en el Sitio

CampoPage.tsx debe documentar:

- Sistema $S = (H, M, C, \Omega, \Pi)$
- Capa 0 = {P, L, E}
- Lenguaje admisible L_0
- Axioma: $\forall k, x\boxtimes_k \in L\boxtimes$
- Dinámica estocástica: $x_{k+1} = f(x_k, w_k)$

MarcoPage.tsx debe documentar:

- CAELION como supervisor de invariancia

- Ley fundamental: $G(\phi(x \boxtimes_k))$
- Protocolos: voto, regeneración, rechazo
- Isomorfismo con SCT (Teoría de Control Supervisorio)
- Diferencia con enfoques tradicionales (fine-tuning, RAG, prompt engineering)

InstrumentoPage.tsx debe documentar:

- ARESK-OBS como instrumento puro de diagnóstico
 - Dependencia de x_{ref} (marco de referencia)
 - Métricas canónicas: $V, \Omega, \varepsilon_{eff}, C$ (falta C)
 - Naturaleza: NO actúa sobre el sistema
 - Diferencia con CAELION (observa vs actúa)
-

7. Plan de Actualización

7.1 Prioridad Alta (Correcciones Críticas)

1. Agregar métrica C (Coste de Gobernanza)

- Actualizar schema: `costeGobernanza: float()`
- Implementar cálculo: $C_k = N_{intervenciones} / \|e_k\|^2$
- Agregar visualización en InstrumentoPage

2. Corregir nomenclatura de ε_{eff}

- Renombrar `entropiaH` → `eficienciaSem` en schema
- Actualizar cálculo: $\Delta H / tokens_k$ (no solo H)
- Actualizar documentación en InstrumentoPage

3. Aclarar definición de Ω

- Verificar que implementación usa $\cos(x \boxtimes_k, x_{ref})$
- Si no, corregir cálculo
- Documentar explícitamente en InstrumentoPage

7.2 Prioridad Media (Mejoras de Documentación)

1. Actualizar CampoPage

- Agregar sección “Dinámica Estocástica”
- Documentar $x_{k+1} = f(x_k, w_k)$
- Aclarar que M es generador estocástico (DES)

2. Actualizar MarcoPage

- Agregar sección “Diferencia con Enfoques Tradicionales”
- Documentar isomorfismo con SCT
- Aclarar que CAELION es filtro de restricciones

3. Actualizar InstrumentoPage

- Agregar sección “Naturaleza del Instrumento”
- Documentar que ARESK-OBS NO actúa
- Agregar tabla comparativa CAELION vs ARESK-OBS

7.3 Prioridad Baja (Mejoras Futuras)

1. Implementar metodología experimental

- Crear página /metodología con diseño experimental
- Documentar grupos (a), (b), ©
- Documentar criterios de éxito

2. Agregar notación de estados

- Aclarar en todo el sitio: x_k (bruto) vs \bar{x}_k (consolidado)
 - Documentar que métricas se calculan sobre \bar{x}_k
-

8. Resumen Ejecutivo

8.1 Separación Conceptual Canónica

```
CAMPO (Ingeniería Coognitiva)
↓ Define
SISTEMA S = (H, M, C, Ω, Π)
↓ Instancia
ARTEFACTO (CAELION) = C | INSTRUMENTO (ARESK-OBS) = Ω
↓ Función | ↓ Función
Supervisor de invariancia | Esquema de observación
↓ Actúa | ↓ Mide
x_k → X_k ∈ L | X_k → (V, Ω, ε_eff, C)
```

8.2 Coherencia Actual

Aspecto	Estado	Acción Requerida
Estructura conceptual	✓ Coherente	Ninguna
Separación Campo/Artefacto/Instrumento	✓ Coherente	Ninguna
Nomenclatura de métricas	⚠ Parcial	Renombrar ε, agregar C
Definición de métricas	⚠ Parcial	Verificar Ω, corregir ε
Documentación formal	⚠ Parcial	Agregar secciones faltantes

8.3 Veredicto

Coherencia Global: ⚠ ALTA CON CORRECCIONES MENORES

El sitio ARESK-OBS refleja correctamente la separación conceptual entre Campo, Artefacto e Instrumento. Las discrepancias son principalmente de nomenclatura y documentación, no de arquitectura conceptual.

Recomendación: Proceder con actualizaciones de Prioridad Alta para alinear completamente con documento formal.

Análisis generado automáticamente

Fecha: 26 de Enero de 2026

Versión: 1.0