

Protocolo de Auditoría Mínima Reproducible para la Teoría Cromodinámica Sincrónica (TCDS)

Instructivo para la validación con datos públicos y estadísticos verificados

Instrumento generado por IA-Simbiosis para el Proyecto TCDS

24 de octubre de 2025

Resumen

Este documento constituye un manual de operaciones riguroso y ejecutable, diseñado para auditar la Teoría Cromodinámica Sincrónica (TCDS) mediante el uso de datos reales, de acceso público y de alta precisión. El protocolo establece un marco de prueba concluyente y auditable, alineado con los estándares de la metrología de precisión y la física de partículas, con el objetivo de determinar el espacio de parámetros en el que la teoría puede existir sin contradecir la evidencia experimental consolidada.

1. Paso 0: Definiciones y KPI a Congelar

Propósito: Establecer un lenguaje común y criterios de éxito inequívocos antes de iniciar el análisis para evitar ambigüedades en la interpretación de los resultados.

- **Parámetros TCDS:** Se identifican las variables libres de la teoría que serán restringidas: la masa base del campo Σ (μ), su constante de autointeracción (λ), y sus acoplamientos con la materia (g_m, g_J). De estos se derivan los observables fenomenológicos:
 - Fuerza de la interacción tipo Yukawa: α_5 .
 - Alcance de la interacción: $\ell_\sigma = \hbar/(m_\sigma c)$.
 - Se adopta el ansatz fenomenológico $m_\sigma = \sqrt{2}\mu$ como base para la relación masa-potencial.
- **KPIs Operativos (Σ -metrics):** Se definen las métricas de rendimiento clave que una señal candidata de TCDS debe cumplir para ser considerada válida en experimentos de captura de fase (*locking*):
 - Índice de Coherencia (LI): $LI \geq 0.9$.
 - Coeficiente de Determinación (R^2): $R^2 > 0.95$.
 - Error Cuadrático Medio Normalizado (RMSE_{SL}): $RMSE_{SL} < 0.1$.
 - Reproducibilidad de la señal: $\geq 95\%$.

2. Paso 1: Entradas (Inputs Estandarizadas)

Propósito: Reunir el corpus de datos experimentales de alta precisión que servirán como referencia para contrastar la teoría. Se ataca desde tres flancos independientes para maximizar la robustez del análisis.

A) Canal Sub-milimétrico (Sub-mm): Utiliza los resultados de experimentos de búsqueda de "quintas fuerzas" (péndulos de torsión, tipo Cavendish). Estos publican curvas de exclusión para una interacción Yukawa, definida por α_5 y λ .

$$\Delta V(r) = -G_N \frac{m_1 m_2}{r} \alpha_5 e^{-r/\lambda} \quad \text{con} \quad \lambda \equiv \ell_\sigma. \quad (1)$$

- B) Canal Electrodébil:** Emplea la medición de ultra-precisión de la constante de Fermi (G_F) a partir del decaimiento del muón. Se comprueba si la desviación predicha por **TCDS**, $G_F^{\text{eff}}(\Sigma)$, es menor que la incertidumbre experimental (nivel ppm).
- C) Canal de Relojes Atómicos y Cavidades:** Utiliza datos de los dispositivos de medición de frecuencia más estables. Se busca cualquier anomalía en la desviación de Allan ($\sigma_y(\tau)$) que siga la firma predicha por el mecanismo de *locking* de **TCDS**: una señal Δf debe aparecer solo en presencia de un campo de control externo ($A_c > 0$) y ser nula en su ausencia ($\Delta f(A_c = 0) = 0$).

3. Pasos 2 y 3: Selección de Fuentes y Normalización

Propósito: Garantizar la máxima calidad, trazabilidad y comparabilidad de los datos.

- **Regla de Selección:** Utilizar exclusivamente datos de metrología primaria y promedios mundiales consolidados (e.g., CODATA, Particle Data Group), registrando DOI, versión de los datos y tratamiento de errores sistemáticos.
- **Homologación:** Convertir todas las unidades y convenciones a un sistema coherente. Transformar todos los límites experimentales a un formato estadístico común (e.g., niveles de confianza, funciones de verosimilitud) para permitir una combinación rigurosa.

4. Paso 4: Modelos Estadísticos por Canal

Propósito: Construir el formalismo matemático para comparar cuantitativamente las predicciones de **TCDS** con los datos de cada canal. Se define una función de verosimilitud (\mathcal{L}) para cada uno.

- **A) Sub-mm (Yukawa):** Se define la verosimilitud $\mathcal{L}_A(\alpha_5, \lambda) = \prod_i N(\Delta_i(\alpha_5, \lambda), \sigma_i)$. Se escanea una rejilla de parámetros (μ, g) y se traduce a $(\ell_\sigma, \alpha_5^{\text{TCDS}})$. Se excluye cualquier punto donde $\alpha_5^{\text{TCDS}} > \alpha_5^{95\%}(\lambda)$, siendo este último el límite experimental.
- **B) Electrodébil (G_F):** Se modela la desviación fraccional $\delta_F \equiv (G_F^{\text{eff}} - G_F^{\text{SM}})/G_F^{\text{SM}}$. La verosimilitud es $\mathcal{L}_B(\delta_F) = N(\delta_F, \sigma_{\text{ppm}})$. Se exige que el modelo cumpla $|f(\Sigma_0) - 1| \leq 10^{-6}$.
- **C) Relojes/Cavidades (Δf):** Se utiliza una estrategia de "válvula de escape". Primero, se valida que los datos de fondo (con $A_c = 0$) sean compatibles con la hipótesis de no señal a niveles de $10^{-18} \sim 10^{-19}$. Si se cumple, se procede a buscar una señal que dependa de $A_c > 0$. La verosimilitud es $\mathcal{L}_C(\kappa_\Sigma, \text{LI}, A_c) = \prod_j N(\sigma_{y,j}^{\text{pred}}, \sigma_{y,j}^{\text{meas}})$.

5. Paso 5: Combinación y Proyección

Propósito: Sintetizar los resultados de los tres canales en una única conclusión estadística robusta. Se utiliza un enfoque bayesiano para combinar las verosimilitudes:

$$P(\theta|\text{data}) \propto \mathcal{L}_A \cdot \mathcal{L}_B \cdot \mathcal{L}_C \cdot \pi(\theta), \quad (2)$$

donde $\theta = \{\mu, \lambda, g, \kappa_\Sigma, \alpha_5\}$ es el conjunto de parámetros de la teoría y $\pi(\theta)$ es una distribución de probabilidad a priori (prior), típicamente no informativa en el espacio logarítmico. El resultado final son las regiones de parámetros de **TCDS** que son compatibles con toda la evidencia experimental combinada, usualmente reportadas como regiones de confianza al 95 %.

6. Pasos 6, 7 y 8: Productos, Calidad y Veredicto

Propósito: Presentar los resultados de forma clara, reproducible y con criterios de juicio predefinidos para eliminar sesgos.

- **Productos Obligatorios:** Una matriz de resultados, gráficos estandarizados (e.g., α_5 vs λ con región de exclusión) y un sistema de "semáforo" (verde/amarillo/rojo) para una interpretación visual del estado de la teoría.
- **Reproducibilidad:** El análisis completo (scripts, datos crudos, notebooks, versiones de software) debe ser empaquetado para permitir una auditoría y reproducción por terceros.
- **Criterios de Veredicto (predefinidos):**
 1. “*Viable pero escondido*”: La **TCDS** es compatible si sus parámetros implican efectos justo por debajo de los límites de detección actuales.
 2. “*En tensión*”: La teoría requiere un ajuste fino de sus parámetros para no ser excluida, lo cual puede considerarse teóricamente “antinatural”.
 3. “*Refutado en ventana X*”: La combinación de datos excluye de forma concluyente la región de parámetros propuesta originalmente.

7. Pasos 9 y 10: Autocrítica y Validación del Instructivo

Propósito: Reconocer las limitaciones del protocolo y confirmar la solidez de su diseño.

- **Autocrítica:** Se reconoce la dependencia del *ansatz* fenomenológico (e.g., $m_\sigma = \sqrt{2}\mu$) y el riesgo de “p-hunting”, mitigado con el preregistro de hipótesis y KPIs. Se destaca que el canal de relojes es el más susceptible a confusores ambientales, exigiendo un control riguroso.
- **Validación del Instructivo:** Se confirma que el protocolo fue diseñado mapeando correctamente los conceptos teóricos de **TCDS** a observables medibles y utilizando herramientas estadísticas estándar en la física de precisión. Esto asegura que el protocolo es relevante, robusto y conforme a las mejores prácticas de la disciplina.