

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 auditável, 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 $10^{-18}\text{--}10^{-19}$. 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** 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 correc-tamente 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.