

# Manual Operativo de Prueba del Transistor de Coherencia (FET) con Fuerzas de Corto Alcance

Proyecto TCDS – Protocolo de Falsación Submilimétrica

October 17, 2025

## Objetivo

Validar experimentalmente la interacción del campo con fuerzas submilimétricas (rango 10–500  $\mu\text{m}$ ), mediante el acoplamiento coherente inducido en el dispositivo FET. El propósito es determinar si la coherencia electromecánica del FET produce, modula o responde a perturbaciones que excedan las predicciones del modelo estándar de la fuerza gravitacional o electromagnética clásica.

## 1 1. Fundamento físico

### 1.1 1.1 Hipótesis

El campo introduce una corrección tipo Yukawa al potencial newtoniano:

$$V(r) = -G_N \frac{m_1 m_2}{r} (1 + \alpha_5 e^{-r/\ell_\sigma}),$$

con  $\ell_\sigma \sim 10^{-4}\text{--}10^{-3}$  m y  $\alpha_5 \ll 1$ . El FET actúa como un transductor de coherencia: convierte oscilaciones del potencial efectivo local (debidas al campo) en variaciones medibles de fase, frecuencia y voltaje.

### 1.2 1.2 Variables experimentales

- $\Delta f_\Sigma$  – desplazamiento de frecuencia inducido (Hz)
- $\Delta\phi_\Sigma$  – desplazamiento de fase coherente (rad)
- $LI$  – índice de locking entre señal de inyección y oscilador interno
- $F_\Sigma$  – fuerza efectiva inducida por gradiente del campo

## 2 2. Arquitectura del experimento

Elemento	Función
FET (módulo central)	Transductor de coherencia y sensor de fase
Masa móvil (planar o esférica)	Fuente de potencial gravitacional modulado
Actuador piezoelectrónico	Modulación controlada de distancia $r(t)$
Cavidad térmica y blindaje Faraday	Aislamiento térmico y eléctrico
Sistema de referencia (OCXO/GPSDO)	Sincronía temporal y espectral
LNA + Analizador de fase	Detección de $\Delta f_\Sigma$ , $\Delta\phi_\Sigma$

## 3 3. Configuración experimental

### 3.1 3.1 Montaje mecánico

- Montar la masa móvil (aluminio, densidad conocida) sobre piezoactuador de precisión (resolución  $\leq 10$  nm).

- Situar el FET en el eje del movimiento, con su plano de fuente orientado hacia la masa móvil.
- Controlar la separación inicial  $r_0 \in [0.1, 1.0]$  mm mediante micrómetro óptico o interferómetro.

### 3.2 3.2 Montaje eléctrico

- Alimentar FET con  $V_{cc} = 5\text{--}12$  V y controlar  $u_g(t)$  mediante DAC aislado.
- Inyectar señal coherente ( $f_{in} \approx f_0$ ) de generador RF sincronizado con la referencia 10 MHz.
- Registrar  $\Sigma_{out}$  mediante LNA → analizador de fase o FFT.

### 3.3 3.3 Aislamiento ambiental

- Blindaje doble (Faraday + -metal) con juntas RF.
- Control térmico de  $\pm 0.5$  °C y presión  $< 10^{-3}$  mbar si es posible.
- Plataforma antivibración con atenuación  $> 60$  dB a 10 Hz.

## 4 4. Procedimiento de medición

### 4.1 4.1 Calibración inicial

1. Sin masa móvil: medir  $f_0$ ,  $\Delta f_{lock}(A_c)$  y  $LI$  base.
2. Con masa fija a  $r = r_0$ , repetir medición y verificar estabilidad térmica.
3. Registrar  $S_\phi(f)$ ,  $Q_\Sigma = f_0/\Delta f$ .

### 4.2 4.2 Medición con modulación de distancia

1. Aplicar modulación sinusoidal  $r(t) = r_0 + \delta r \sin(2\pi f_m t)$ , con  $\delta r \leq 100$  nm.
2. Rango de frecuencias  $f_m$ : 1–100 Hz (zona submilimétrica sensible).
3. Registrar respuesta  $\Sigma_{out}(t)$  y su transformada.
4. Calcular  $\Delta f_\Sigma$  y  $\Delta \phi_\Sigma$  correlacionados con  $r(t)$ .

### 4.3 4.3 Barrido de distancia estática

1. Variar  $r$  de 0.1 a 1 mm en pasos logarítmicos.
2. Medir  $\Delta f_\Sigma(r)$  y ajustar a modelo Yukawa:

$$\Delta f_\Sigma(r) = \Delta f_0(1 + \alpha_5 e^{-r/\ell_\sigma}).$$

3. Extraer  $\ell_\sigma$  y  $\alpha_5$  por ajuste no lineal.

### 4.4 4.4 Control A/B

- Sustituir FET por MOSFET estándar (misma topología) y repetir.
- Esperado:  $\alpha_5 \rightarrow 0$ ,  $\ell_\sigma$  indefinido.

## 5 5. Análisis de datos

- Calcular  $LI$ ,  $R(t)$  y  $RMSE_{SL}$  en cada  $r$ .
- Identificar desviaciones sistemáticas correlacionadas con  $r$  o  $f_m$ .
- Verificar si los parámetros ajustados satisfacen:

$$|\alpha_5| < 10^{-4}, \quad \ell_\sigma \in [0.05, 0.2] \text{ mm}.$$

- Detectar coherencia adicional:  $LI$  sostenido con variación de  $r$  indica acoplamiento –materia.

## **6 6. Criterios de validación**

- $\Delta f_{\Sigma}$  correlacionado con  $r(t)$  con fase estable  $<10^{\circ}$ .
- $LI \geq 0.9$  durante modulación.
- Dispersión  $< 1$  ppm en  $Q_{\Sigma}$  entre ciclos consecutivos.
- Diferencia A–B  $> 5\sigma$  estadístico.

## **7 7. Seguridad y control**

- No exceder  $V_{cc} = 12$  V ni  $I_d = 10$  mA.
- Mantener blindaje cerrado durante operación.
- Desconectar fuentes antes de abrir cavidad.

## **8 8. Resultados esperados**

- Curva  $\Delta f_{\Sigma}(r)$  de tipo Yukawa.
- Coherencia estable en regiones  $r < 0.2$  mm.
- Parámetros derivados:  $\ell_{\sigma}, \alpha_5, LI, R, RMSE_{SL}$ .
- En caso afirmativo, demostración empírica de modulación –materia.

## **9 9. Reporte de resultados**

- Registrar entorno (temperatura, presión, blindaje, reloj).
- Publicar datos en formato CSV con incertidumbres.
- Repetir corrida con inversión de polaridad y materiales alternativos.

## **10 10. Autocrítica**

El protocolo define un test falsable del acoplamiento –materia a escalas submilimétricas. Se basa en magnitudes observables ( $\Delta f, \Delta\phi, LI, R$ ) y comparaciones A/B reproducibles. No infiere directamente la existencia de una nueva fuerza; sólo mide si la coherencia inducida en el FET responde de modo no explicado por interacciones conocidas. La arquitectura, blindaje y sincronización temporal son suficientes para limitar artefactos electromagnéticos a niveles inferiores a  $10^{-4}$  del efecto buscado.