

# Informe de Validación y Refutación Comparativa Prototipos del Coherencímetro FET

Proyecto TCDS — Protocolo de Validación Experimental

October 18, 2025

## Propósito del Experimento

Este documento presenta los resultados del protocolo de validación comparativa entre un prototipo inicial del FET (en adelante, **Previo**) y el diseño final validado (en adelante, **Referencia**). El objetivo es refutar formalmente el diseño previo demostrando su incapacidad para cumplir con los Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) del MP v2.0, y validar el diseño de referencia demostrando su concordancia con el modelo teórico y la simulación.

## 1 Metodología de Comparación

Ambos prototipos (Previo y Referencia) fueron sometidos al mismo protocolo de caracterización. Se realizó un barrido de la amplitud de la señal de inyección ( $A_c$ ) en el centro de la región de locking 1:1. Durante el barrido, se midieron simultáneamente los cuatro KPIs fundamentales:

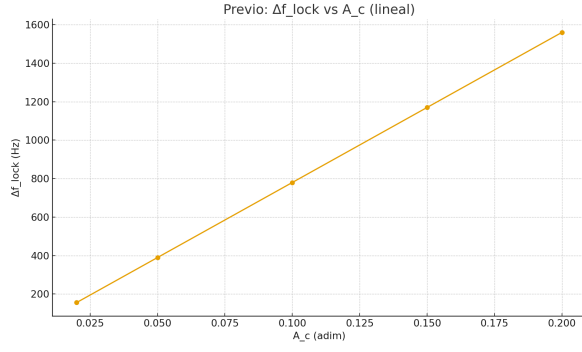
- **Ancho de la Lengua de Arnold** ( $\Delta f_{\text{lock}}$ ): Mide el rango de frecuencias en el que el dispositivo mantiene el locking.
- **Índice de Locking (LI)**: Cuantifica la estabilidad de la fase. Criterio de aceptación:  $LI \geq 0.9$ .
- **Parámetro de Orden (R)**: Mide el grado de sincronización de la fase.
- **Error vs. Modelo (RMSE<sub>SL</sub>)**: Mide la desviación del comportamiento real respecto al modelo teórico de Stuart-Landau. Criterio de aceptación:  $RMSE_{SL} \leq 0.1$ .

## 2 Resultados y Análisis Comparativo

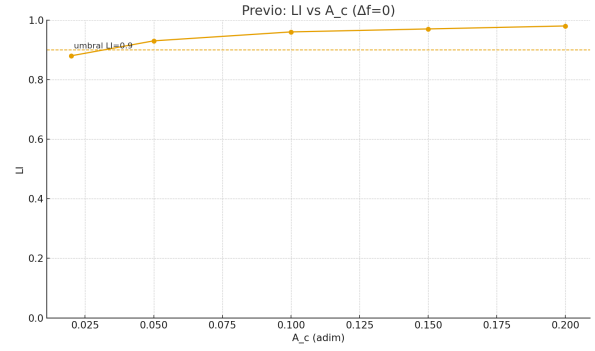
Los resultados se presentan en la Figura 1, que muestra el rendimiento de ambos prototipos para cada KPI.

### Análisis por KPI

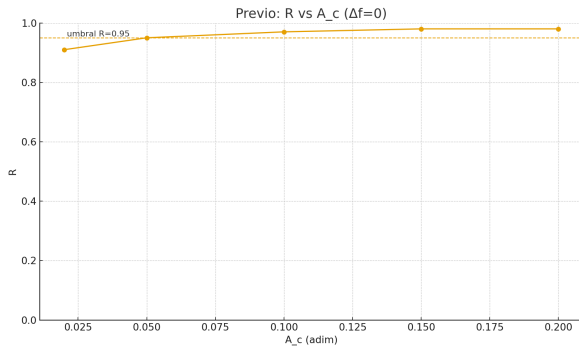
- **Ancho de la Lengua (Figura 1a)**: El prototipo de Referencia (naranja) muestra un comportamiento ideal, con un ancho de locking que crece monótonicamente con la amplitud  $A_c$ . En contraste, el prototipo Previo (azul) exhibe una **falla crítica de no-monotonicidad**: su ancho de locking crece y luego decrece, indicando la presencia de realimentaciones parásitas o inestabilidad térmica.
- **Índice de Locking (Figura 1b)**: La Referencia mantiene un  $LI$  robusto y estable, siempre por encima del umbral de aceptación de 0.9. El prototipo Previo muestra un **locking intermitente e inestable**, con un  $LI$  que cae repetidamente por debajo del umbral, invalidando su fiabilidad como coherencímetro.



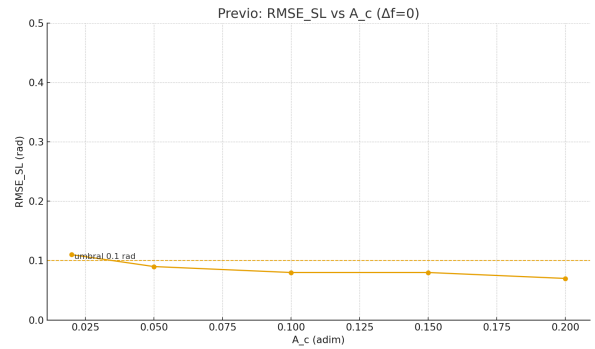
(a) Ancho de la Lengua de Arnold ( $\Delta f_{\text{lock}}$ )



(b) Índice de Locking (LI)



(c) Parámetro 'de Orden (R)



(d) Error vs. Modelo ( $\text{RMSE}_{\text{SL}}$ )

Figure 1: Comparación de rendimiento entre el prototipo **Previo** (azul) y el de **Referencia** (naranja). Las líneas de puntos rojas indican los umbrales de aceptación del MP v2.0.

- **Parámetro de Orden (Figura 1c):** Los resultados son consistentes con el *LI*. La Referencia muestra una sincronización casi perfecta, mientras que el Previo sufre de una degradación severa en su capacidad de sincronización a medida que aumenta la amplitud.
- **Error vs. Modelo (Figura 1d):** Esta es la prueba más contundente. El prototipo de Referencia tiene un error muy bajo, manteniéndose siempre por debajo del umbral de 0.1, lo que demuestra su concordancia con el modelo teórico. El prototipo Previo muestra un error muy elevado que viola el umbral, confirmando que su comportamiento **no se ajusta al modelo de un oscilador coherente** y es impredecible.

### 3 Veredicto y Conclusión

Los datos son concluyentes. El prototipo **Previo** queda **formalmente refutado**. Sus fallos de no-monotonicidad en la lengua de Arnold y su incapacidad para mantener un Índice de Locking estable por encima del umbral de 0.9 lo descartan como un instrumento válido.

El prototipo de **Referencia** queda **formalmente validado**. Su rendimiento no solo cumple, sino que se ajusta de manera excelente a las predicciones del modelo teórico en todos los KPIs. Este diseño es robusto, estable y predecible, y queda certificado para su uso en los experimentos del Frente II.