# Elongámetros: Sistema de Medición de Deformaciones Diferenciales en Tres Ejes

## Objetivo del Sistema

Este módulo está diseñado para medir deformaciones diferenciales micrométricas en estructuras de concreto, típicamente presas, mediante el uso de galgas extensiométricas distribuidas en los tres ejes ortogonales X, Y y Z. La finalidad es monitorear desplazamientos estructurales en tiempo real como parte de una red de monitoreo sísmico e hidromecánico más amplia.

## Arquitectura Mecánica

- El sistema consta de una unidad modular y desacoplada, compuesta por tres mecanismos internos independientes, uno por cada eje.  
- Cada eje incorpora una viga deformable o columna elástica, sobre la cual se adhieren galgas extensiométricas en configuración de puente de Wheatstone completo o medio puente.  
- Las galgas detectan flexión, tracción o compresión generadas por movimientos relativos entre bloques estructurales anclados al concreto.  
- La carcasa externa, fabricada en PETG con impresión 3D, garantiza protección IP67 y aislamiento mecánico entre ejes para evitar interferencias.

## Proceso de Medición

1. El dispositivo permanece como esclavo en una red RS485 Modbus ASCII.  
2. Al recibir el comando del maestro, realiza mediciones simultáneas en los tres ejes.  
3. Aplica un proceso de depuración estadística (filtro, validación) para asegurar calidad de datos.  
4. Devuelve los valores procesados de X, Y, Z al maestro en un solo frame.

## Especificaciones técnicas clave

- Microcontrolador: ESP32-WROOM-32D.  
- Digitalización: ADC de 16 bits mínimo, con referencia estable y filtros analógicos.  
- Sincronización temporal: RTC de alta precisión (DS3231 o interno).  
- Comunicación: RS485 y RS232TTL a través de conectores M12 IP67.  
- Alimentación: 12 V DC, 1 A máximo.  
- Protección: Circuitos ESD y supresión de transitorios en todos los puertos.  
- PCB: FR4, 2 oz, ENIG, con test points para diagnóstico en campo.

## Mejora Realista a Evaluarse

Implementación de un ADC de precisión dedicado como el ADS1232 (24 bits, integrador delta-sigma con filtro digital y excitación integrada para galgas).

**Justificación técnica**:  
- Mejora sustancial en la resolución para detección de deformaciones menores a 5 µε (microdeformaciones).  
- Reduce el número de componentes pasivos externos al integrar el puente y referencias de voltaje.  
- Simplifica el diseño del front-end analógico y permite una arquitectura más robusta frente a ruido eléctrico en campo.  
Estado: En análisis técnico – balance entre costo, complejidad y necesidad real de resolución en condiciones de campo.

## Consideraciones de diseño

- La disposición mecánica interna desacopla los ejes para evitar interferencia cruzada.  
- Cada eje tiene un módulo de lectura aislado físicamente, con guías mecánicas que restringen el movimiento a su dirección específica.  
- La estructura completa es fácilmente reemplazable en campo, sin afectar la configuración de los otros ejes.