

Desarrollo de una metodología para la detección de daño en plataformas marinas fijas por medio de análisis de vibraciones

M. I. Francisco Cisneros
Doctorante del 7mo Semestre

Posgrado en Ingeniería - UNAM

Viernes 23 de enero de 2026

- **Contexto:** Avances finales previos a la defensa de tesis (Evaluación de 7º Semestre).
- **Problemática:**
 - Crisis de mantenimiento en infraestructura envejecida.
 - "Data Scarcity": Escasez de datos reales de daño que inviabiliza el uso puro de algoritmos de Deep Learning.
- **Solución Propuesta:**
 - Sistema SHM robusto ante la falta de sensores.
 - Hibridación de Algoritmos Genéticos (AG) con Modelos de Elemento Finito (FEM).

Metodología Propuesta (1/3): Flujo General

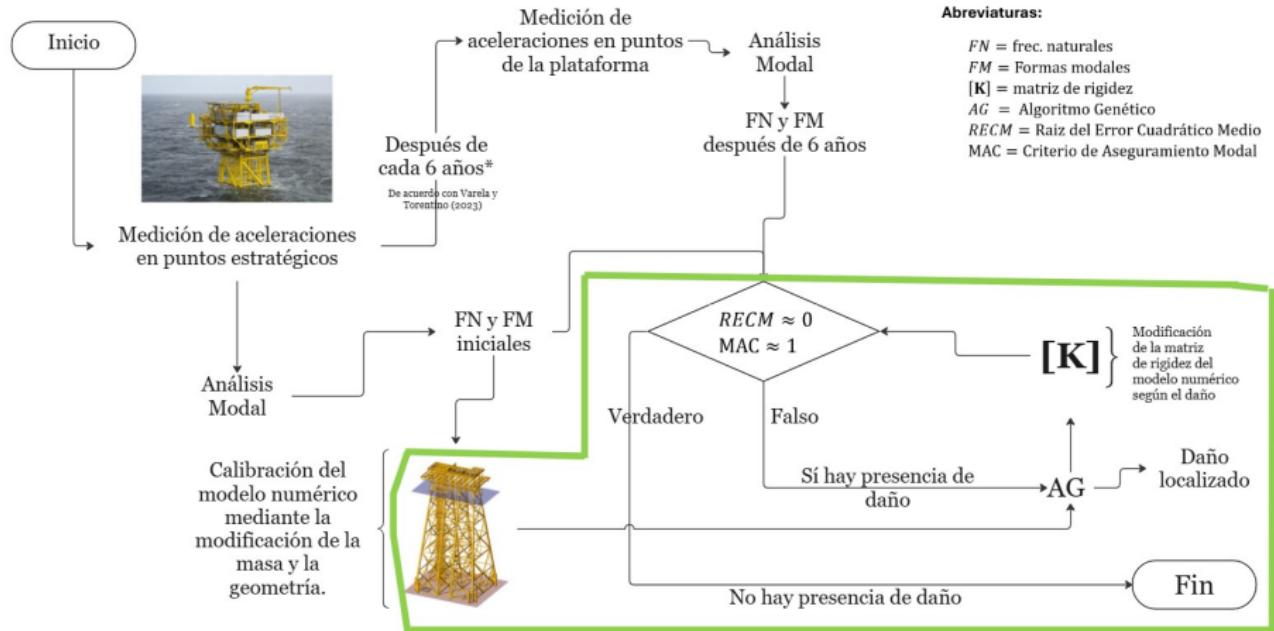


Figura: Flujo de identificación en plataformas reales.

Metodología Propuesta (2/3): Esquema Computacional

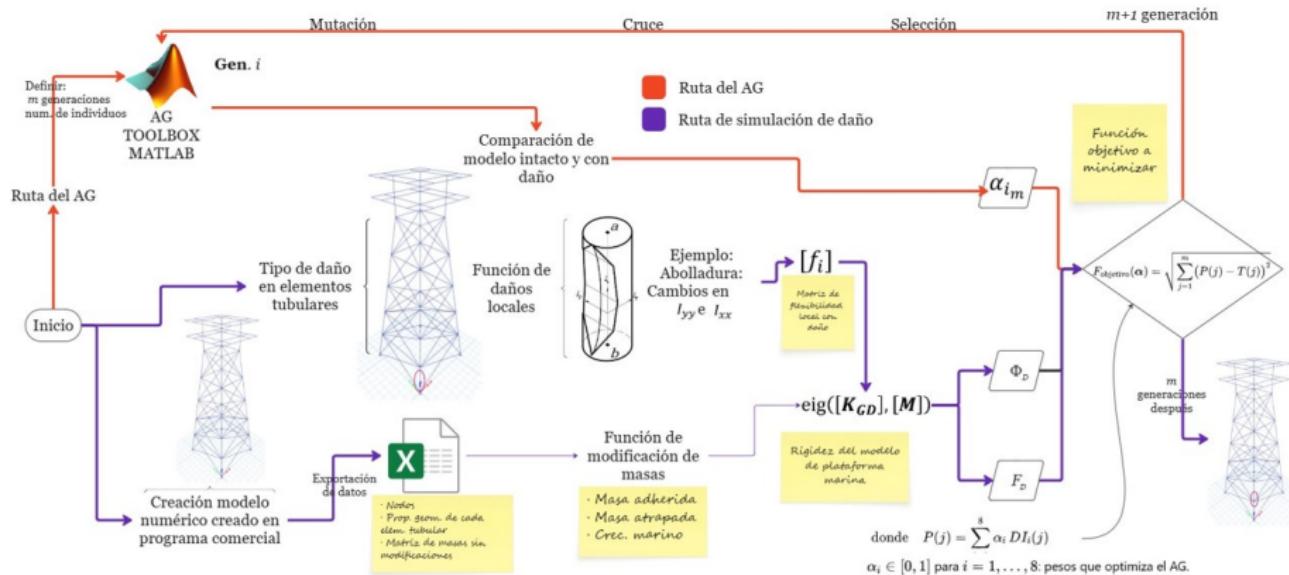


Figura: Esquema computacional del AG.

Metodología Propuesta (3/3): El Algoritmo Genético

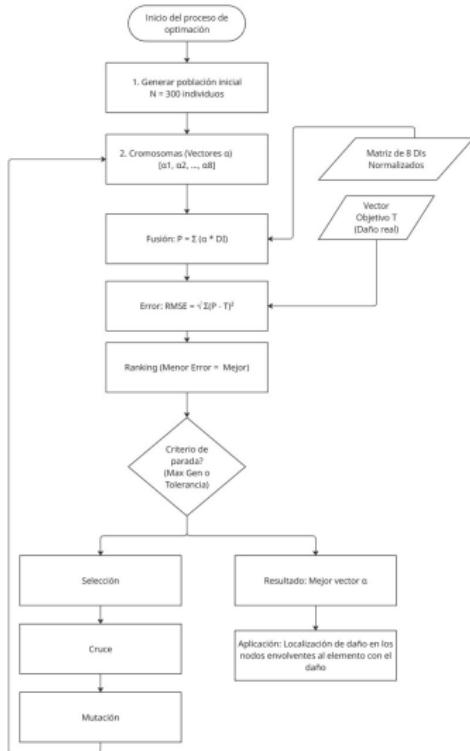
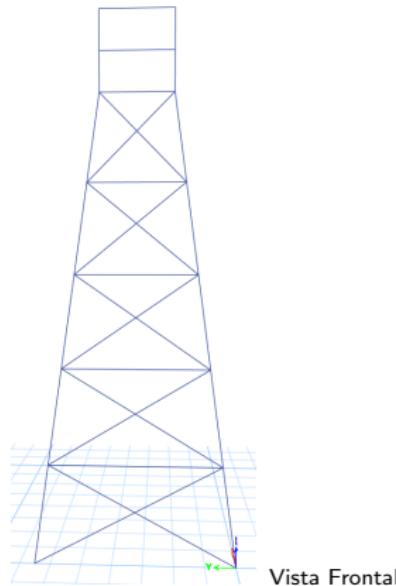


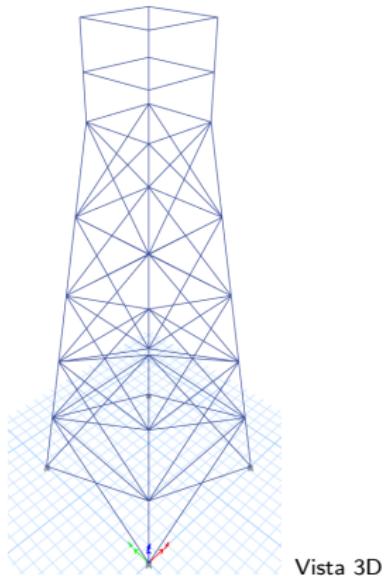
Figura: Mecánica del AG: función objetivo y operadores genéticos.

Caso de Estudio: Plataforma Tipo Jacket

- Plataforma marina fija discretizada mediante elementos viga.



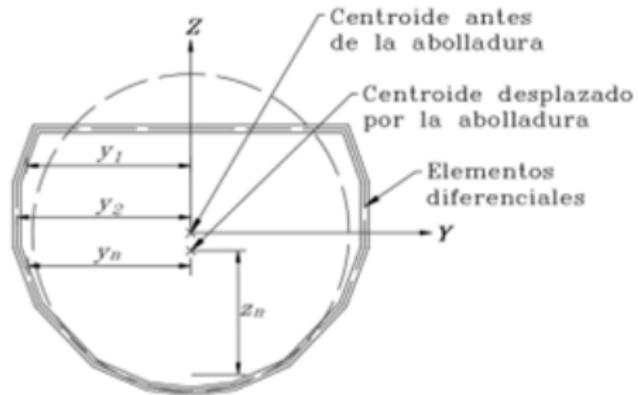
Vista Frontal



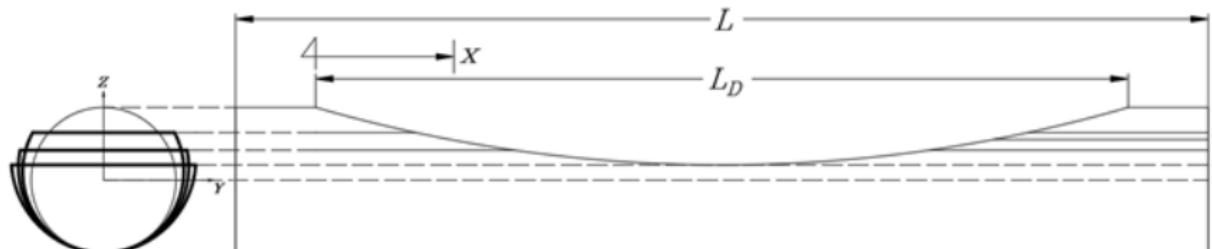
Vista 3D

Modelado de Daño: Abolladura

Enfoque: Reducción de rigidez localizada en elementos viga.



(a) Sección Transversal



Modelado de Daño: Corrosión

Enfoque: Corrosión Uniforme por zonas (Splash Zone vs. Sumergida).

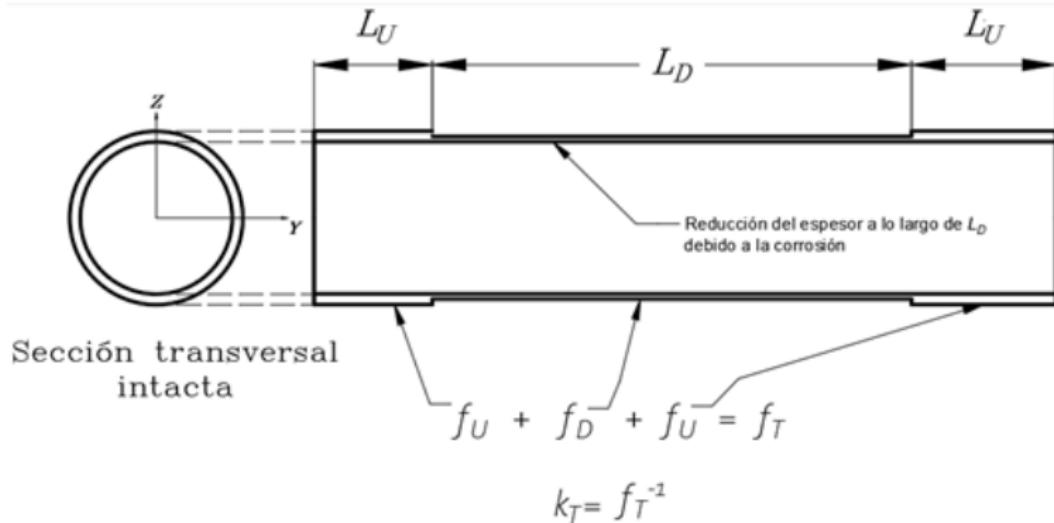


Figura: Caracterización de la reducción de espesor por corrosión longitudinal.

Efectos Inerciales y Ambientales (1/2)

Consideraciones: Inclusión de masa añadida hidrodinámica y crecimiento marino (biofouling).

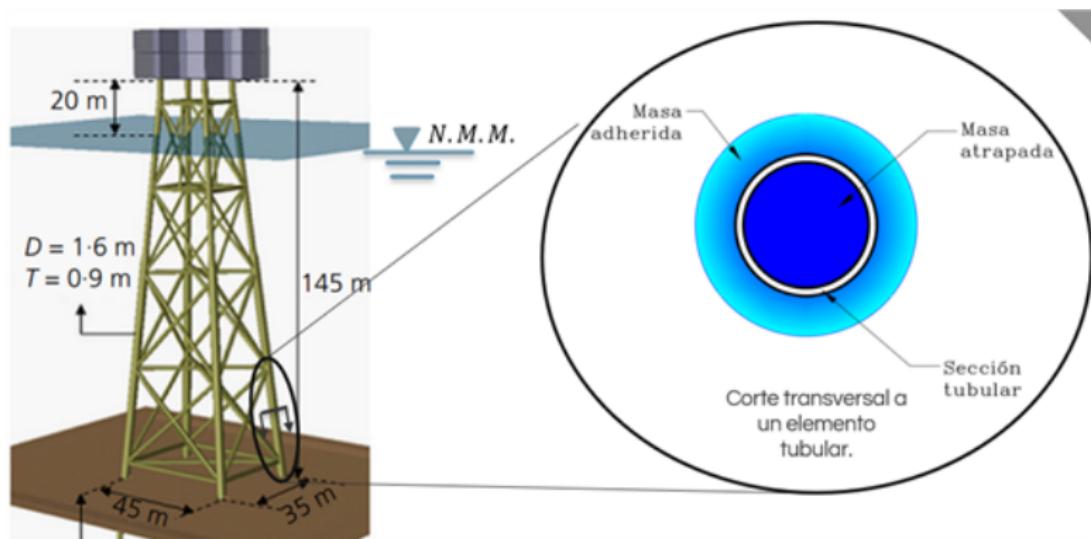


Figura: Detalle de Masa Hidrodinámica (Adherida y Atrapada).

Efectos Inerciales y Ambientales (2/2)

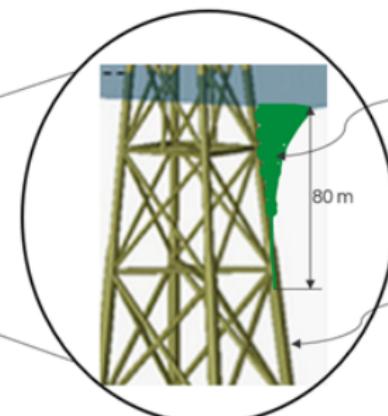
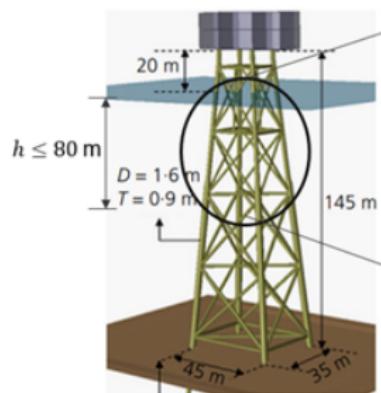


Figura: Modelado del Crecimiento Marino (Biofouling) y coeficientes rugosos.

Aportación Novedosa: Índice de Calidad de Detección (ICD)

Definición ICD

Métrica híbrida optimizada evolutivamente que pondera:

- Sensibilidad de modos de vibración de orden superior.
- Robustez ante la incertidumbre y ruido experimental.

Optimización

El Algoritmo Genético no solo busca el daño, sino que optimiza los pesos de ponderación del ICD para maximizar la detectabilidad en escenarios de ruido.

Formulación Matemática del ICD

Ecuación General

El ICD se define como el producto de tres factores normalizados:

$$\text{ICD} = D \times C_{\text{norm}}(\delta) \times P_{\text{FP}}(N_{\text{FP}}) \quad (1)$$

1. Éxito de Localización (D)

- **1.0:** Detección exacta.
- **0.5:** Nodo adyacente (valor parcial).
- **0.0:** Fallo o ubicación errónea.

2. Confianza (C_{norm})

- Escalamiento logarítmico.
- Reconoce la dificultad de detectar daños incipientes ($\alpha = 0,1$).

$$\frac{\ln(1 + \alpha\delta)}{\ln(1 + \alpha\delta_{\text{máx}})}$$

3. Penalización (P_{FP})

- Decaimiento exponencial.
- Castiga severamente la pérdida de confiabilidad ($\beta = 0,15$).

$$e^{-\beta N_{\text{FP}}}$$

Resultados: Detección de Abolladura (1/2)

Comparativa Global de ICD vs. % de Daño por Zona (Abolladura)

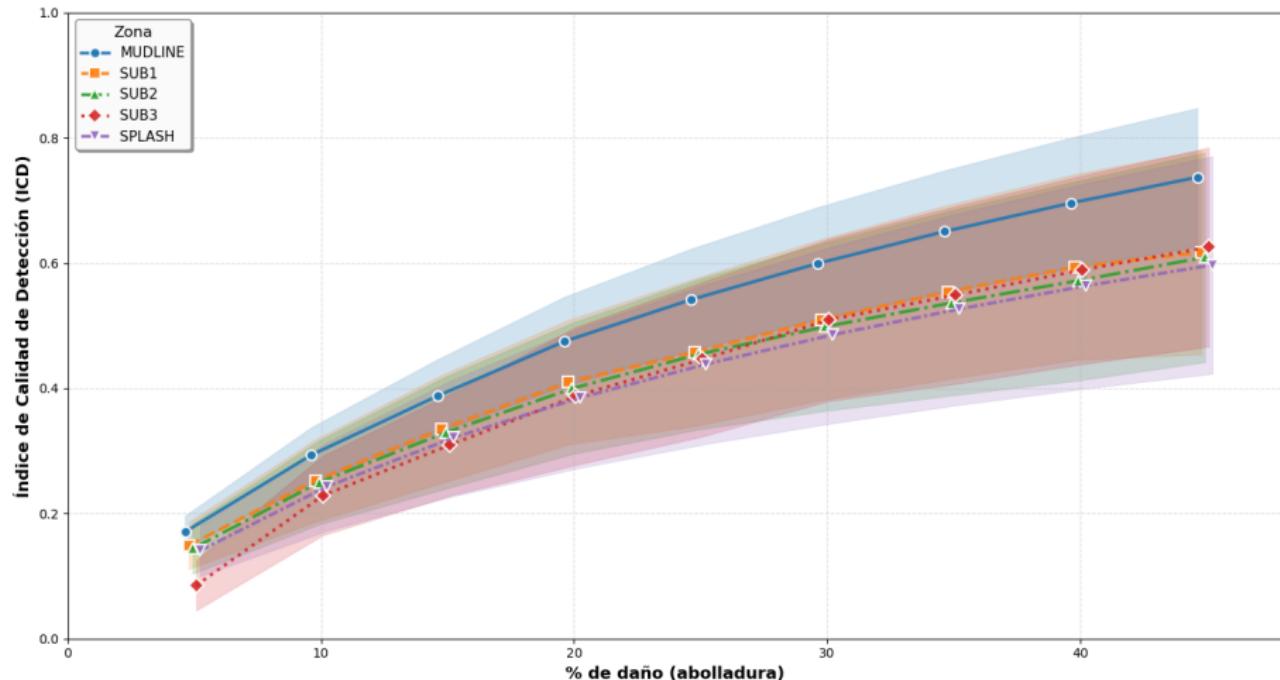


Figura: Comparativa Global ICD vs. Daño

Resultados: Detección de Abolladura (2/2)

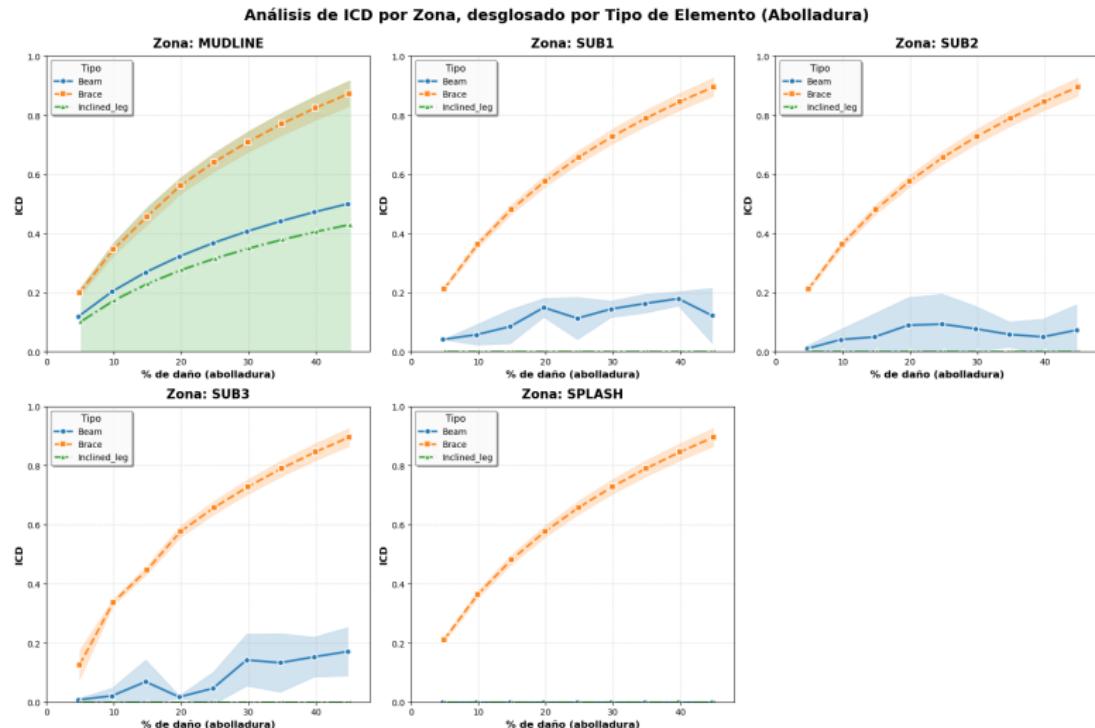


Figura: Desglose por Zona y Tipo de Elemento

Resultados: Detección de Corrosión (1/2)

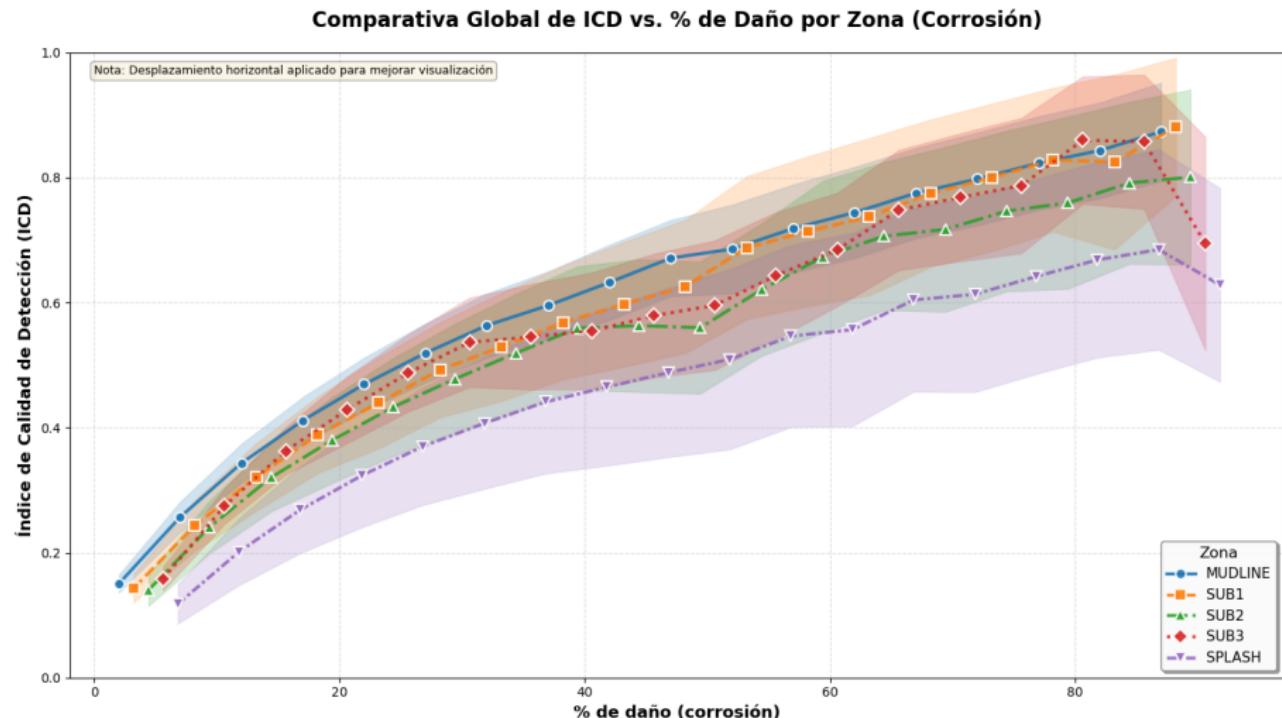


Figura: Comparativa Global ICD vs Corrosión

Resultados: Detección de Corrosión (2/2)

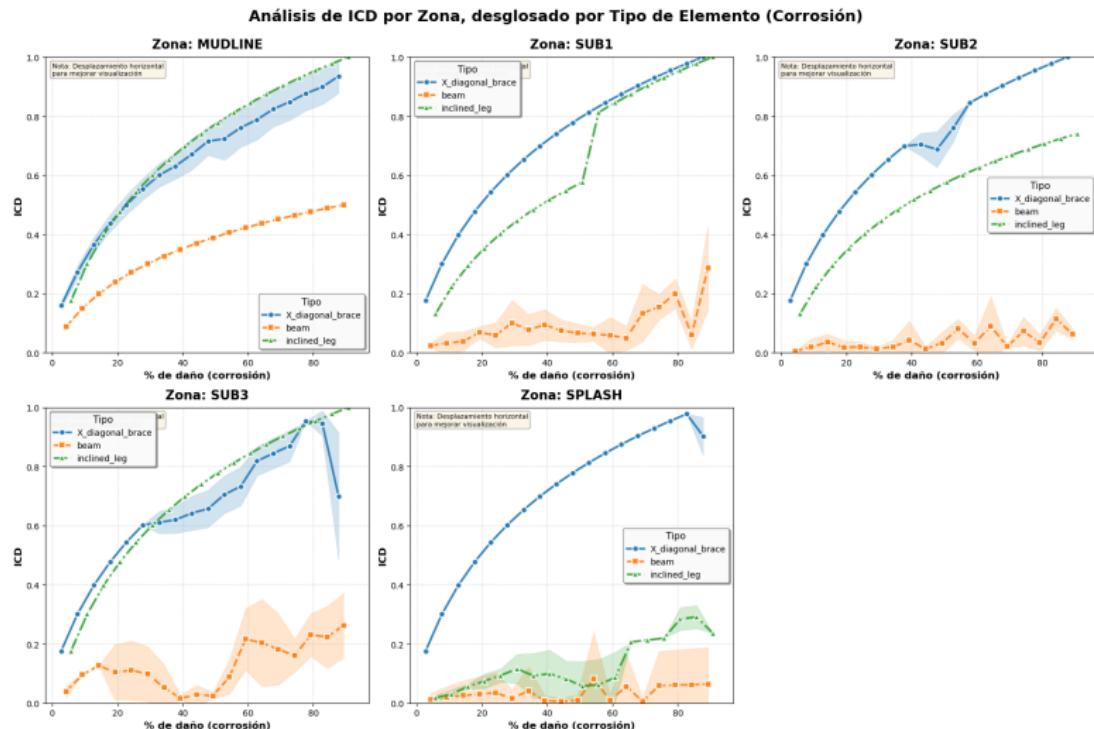


Figura: Desglose por Zona

- **Título Tentativo:** Metodología basada en ICD y Algoritmos Genéticos para detección de daño estructural.
- **Revista Objetivo:** Ingeniería Investigación y Tecnología.
- **Estatus:**
 - Resultados de ICD consolidados.
 - Artículo en proceso de redacción y formateo.
 - Requisito indispensable para la graduación.

Comentarios Finales y Siguientes Pasos

- ① **Validación:** El modelo simplificado de daño (abolladura/corrosión) demuestra ser computacionalmente eficiente y representativo.
- ② **Eficacia del ICD:** La métrica híbrida supera a los indicadores tradicionales en escenarios de ruido.
- ③ **Ruta Crítica (8º Semestre):**
 - Envío y revisión del artículo JCR.
 - Escritura final de la tesis.
 - Defensa de grado.