

Coordinacion Academica del Posgrado  
Direccion de Desarrollo de Talento

## **EVALUACION DE DESEMPEÑO**

Trabajo de Investigacion de Doctorado

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

**M. I. Francisco Cisneros**

Directores: Dr. Ivan Felix Gonzalez y Dr. Rolando Salgado Estrada

Periodo: Invierno 2025

# Contenido

- 1 Eleccion del Tema
- 2 Justificacion
- 3 Objetivos
- 4 Marco Teorico
- 5 Hipotesis
- 6 Metodologia y Flujo de Trabajo
- 7 Caso de Estudio
- 8 Resultados
- 9 Discusion
- 10 Conclusiones
- 11 Perspectivas
- 12 Bibliografia

## Elección del Tema

- **Título:** Monitoreo de Salud Estructural (SHM) basado en optimización inversa para la identificación de daño en plataformas tipo Jacket.
- **Enfoque:** Desarrollo de una metodología no destructiva basada en vibraciones y algoritmos genéticos (AG).
- **Innovación:** Introducción del Índice de Calidad de Detección (ICD) para mitigar la incertidumbre en entornos ruidosos.

# Justificacion del Problema

- **Infraestructura Envejecida:** Gran parte de las plataformas en el Golfo de Mexico han superado su vida util de diseño.
- **Costos y Riesgos:** Las inspecciones tradicionales (buzos, ROV) son costosas y peligrosas.
- **Limitaciones Actuales:** Dificultad para detectar daños internos o en etapas tempranas mediante inspeccion visual.
- **Necesidad:** Estrategias de mantenimiento predictivo basadas en datos (SHM).



Figura: Deterioro en plataformas marinas.

# Deterioro Estructural



(a) Corrosion severa.



(b) Abolladura por impacto.

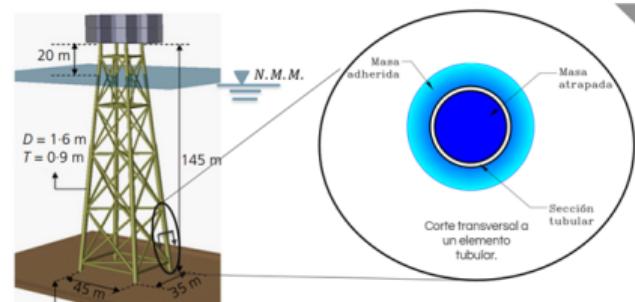
# Objetivos de la Investigacion

- **Objetivo General:** Desarrollar y validar una metodologia SHM basada en optimizacion inversa con AG para identificar daño en plataformas Jacket.
- **Objetivos Especificos:**
  - Formular el **Indice de Calidad de Deteccion (ICD)** para fusionar indicadores vibratorios.
  - Validar la metodologia mediante modelos de elemento finito calibrados.
  - Evaluar la sensibilidad ante escenarios de corrosión y abolladura.
  - Determinar el comportamiento de elementos "fusibles" vs "principales".

# Marco Teorico: Elementos de Masa

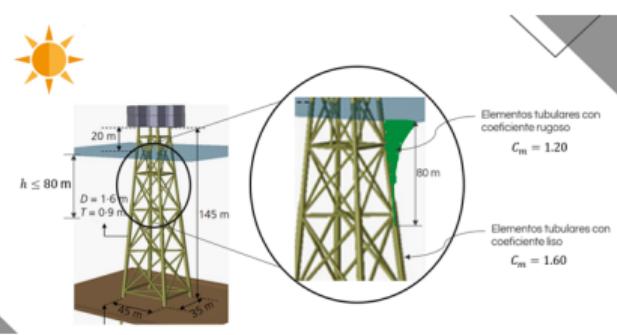
La matriz de masa global incluye:

- **Masa Estructural ( $M_s$ ):** Acero de la plataforma.
- **Masa Adherida ( $M_a$ ):** Volumen de agua que se acelera con la estructura ( $C_m = 1,2$  a  $1,6$ ).
- **Masa Atrapada ( $M_t$ ):** Agua contenida en elementos inundados (pilotes/piernas).



Impacto del **Crecimiento Marino:**

- Crecimiento de organismos en la superficie.
- Aumenta diámetro efectivo y coeficientes hidrodinámicos.



# Mecanica del Daño Simulado

## Corrosion Uniforme:

- Reducción del espesor de pared ( $t$ ).
- Impacta área ( $A$ ) e inercia ( $I$ ).
- Módulo de elasticidad ( $E$ ) constante.

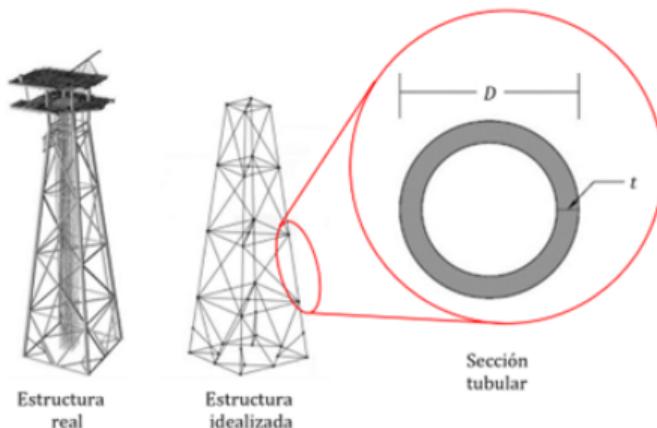


Figura: Reducción de espesor por corrosión.

## Abolladuras:

- Distorsión de la sección transversal (aplanamiento).
- Reducción drástica del momento de inercia local ( $I_{red}$ ).



# Hipotesis de Trabajo

*"Los elementos secundarios (diagonales o braces) actuan como fusibles estructurales, manifestando cambios modales detectables a traves del ICD antes de que se comprometa la integridad global de las piernas principales."*

## Implicacion Operativa:

- Monitoreo automatico continuo para elementos secundarios.
- Inspeccion visual enfocada en nodos criticos y componentes principales.

# Metodología Propuesta

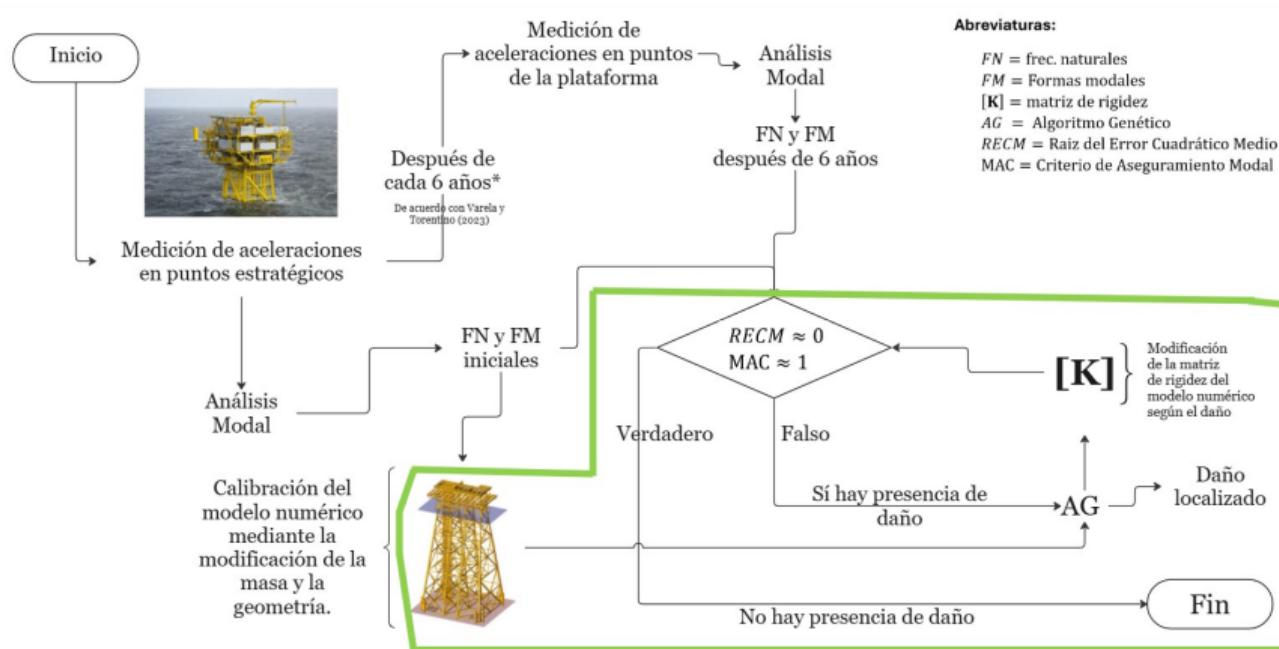


Figura: Esquema general de la metodología SHM.

# Optimizacion con Algoritmos Geneticos

- **Problema Inverso:** Ajuste de modelo para coincidir con respuesta medida.
- **Busqueda Global:** AG robustos ante minimos locales.
- **Funcion Objetivo:** Minimizacion del error entre modelo y realidad (o simulacion dañada).

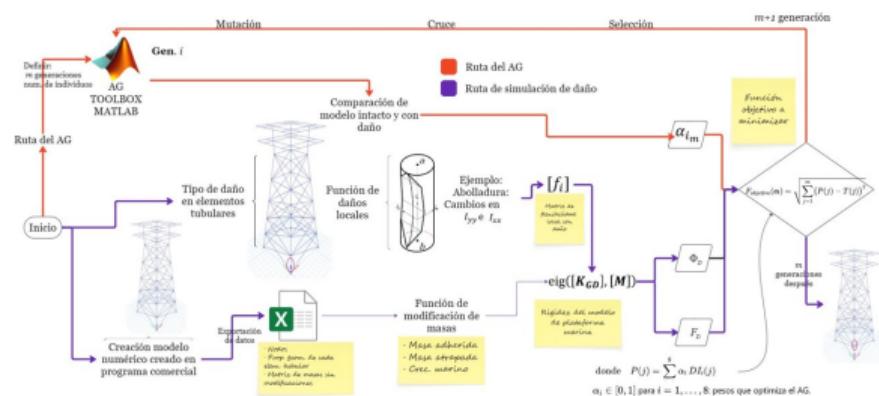
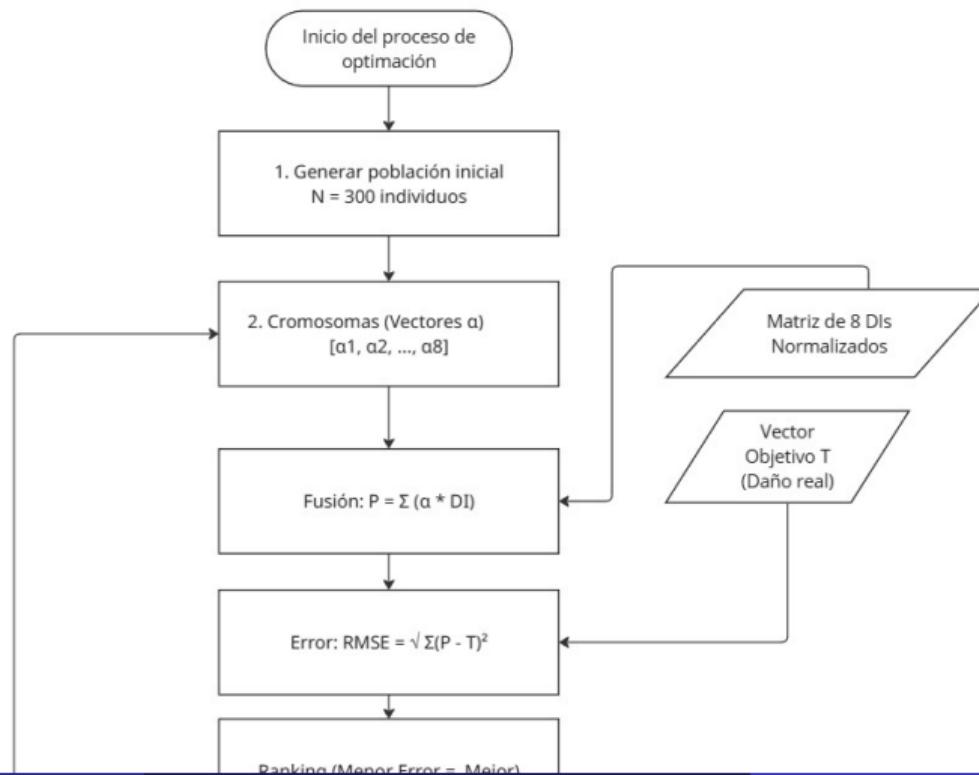


Figura: Flujo del Algoritmo Genetico.

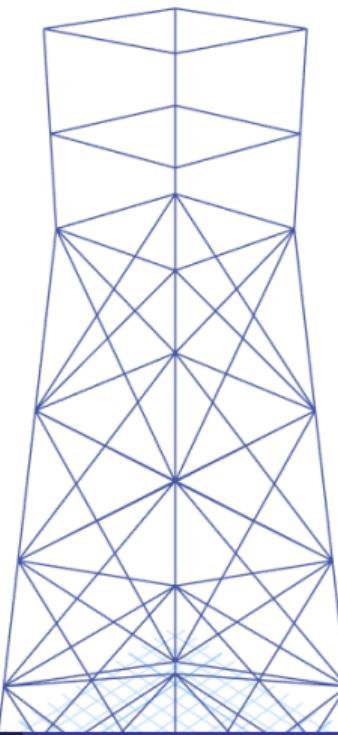
# Funcionamiento del AG y Metrica



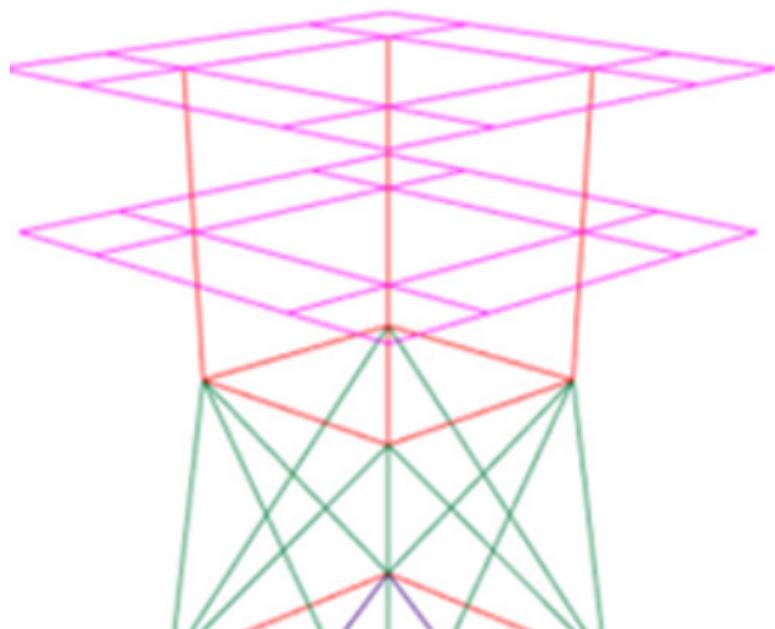
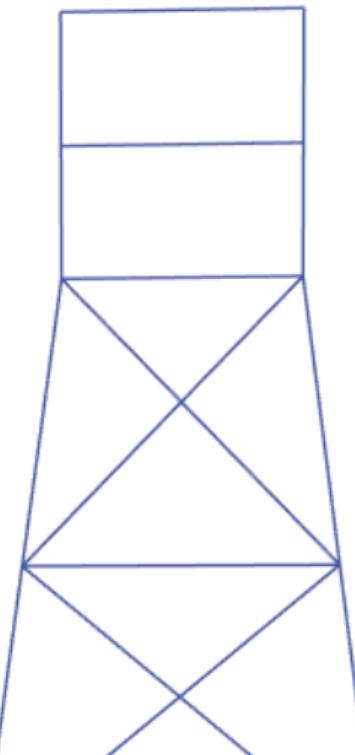
# Modelo de Plataforma Jacket

## Caracteristicas:

- Estructura tipo Jacket de 4 patas.
- Sistema MDOF discretizado.
- Inclusion de masa hidrodinamica e interaccion suelo-estructura.



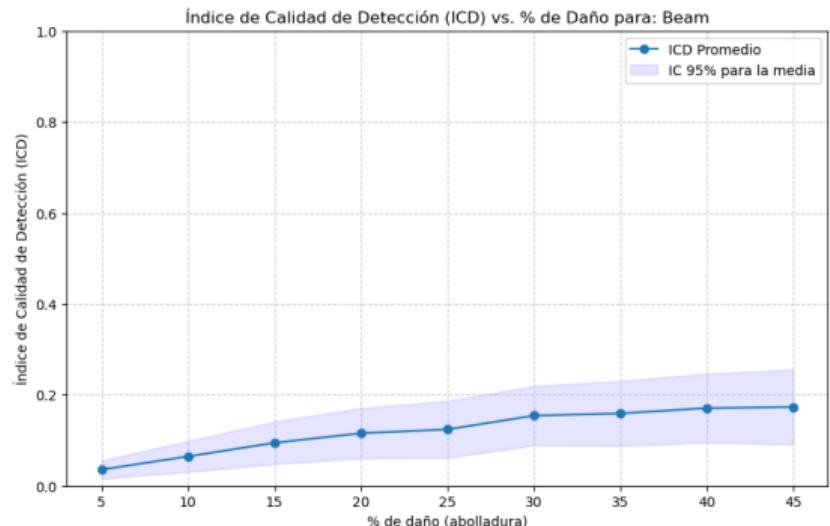
# Detalle del Modelo



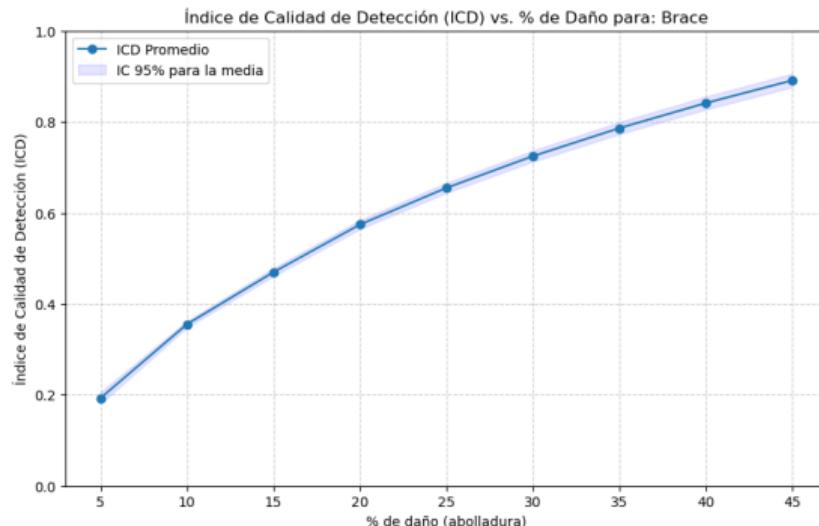
# Resultados: Escenario de Abolladura

Introducción al análisis de sensibilidad del ICD ante abolladuras en diferentes elementos.

# Abolladura: Vigas vs Braces



(a) Vigas (Beams)

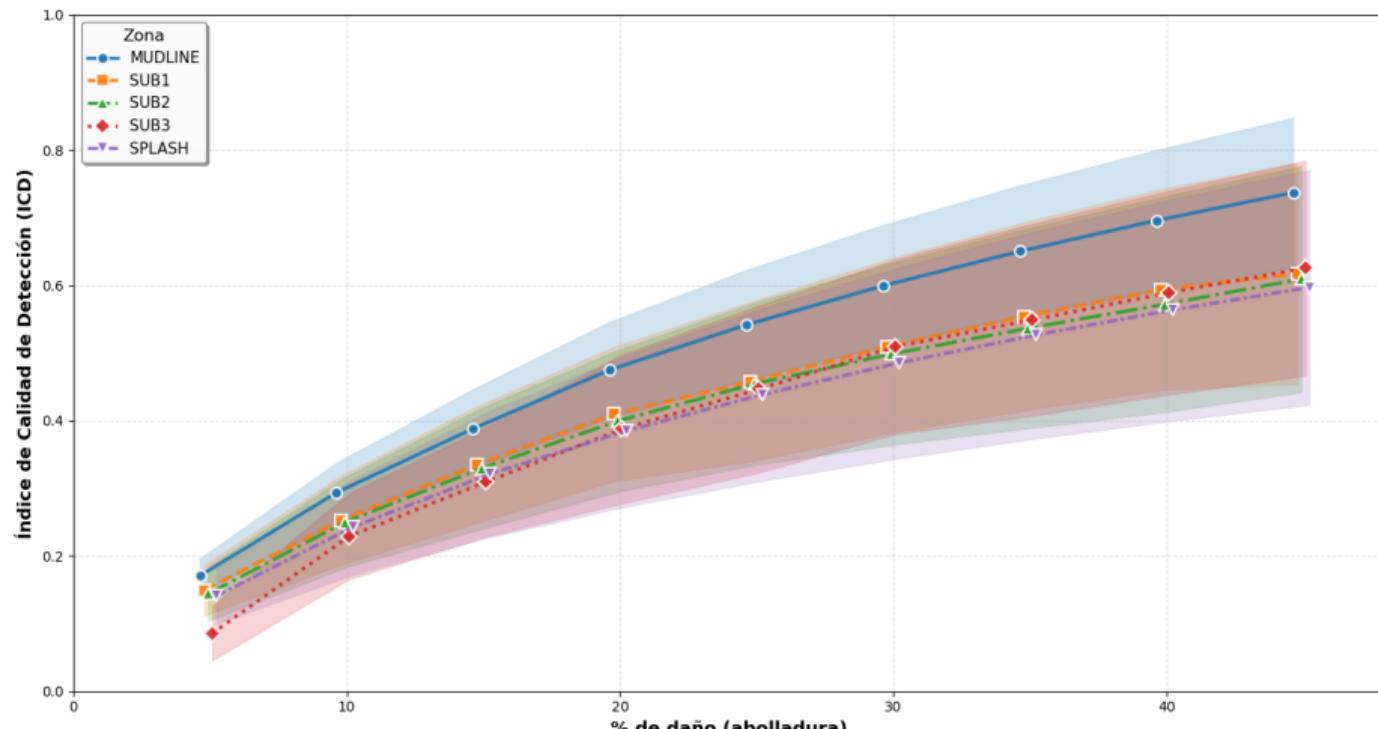


(b) Diagonales (Braces)

Figura: Sensibilidad del ICD en elementos horizontales vs diagonales.

# Abolladura: Comparativa Global

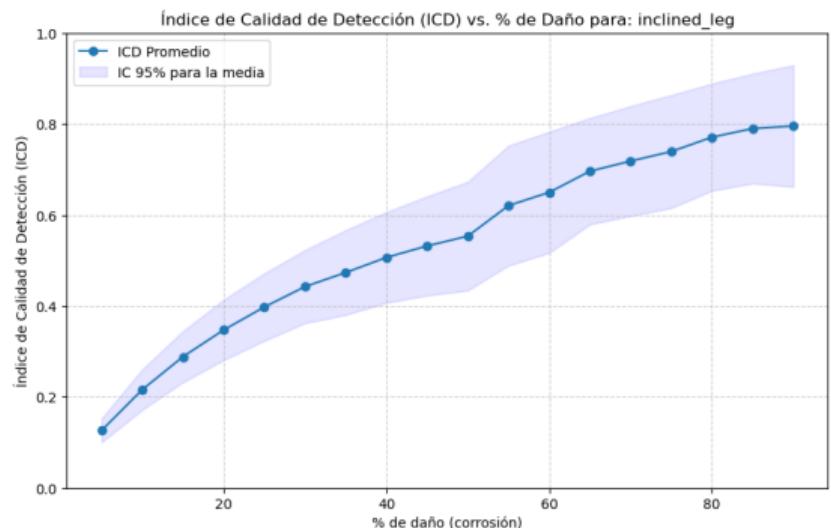
Comparativa Global de ICD vs. % de Daño por Zona (Abolladura)



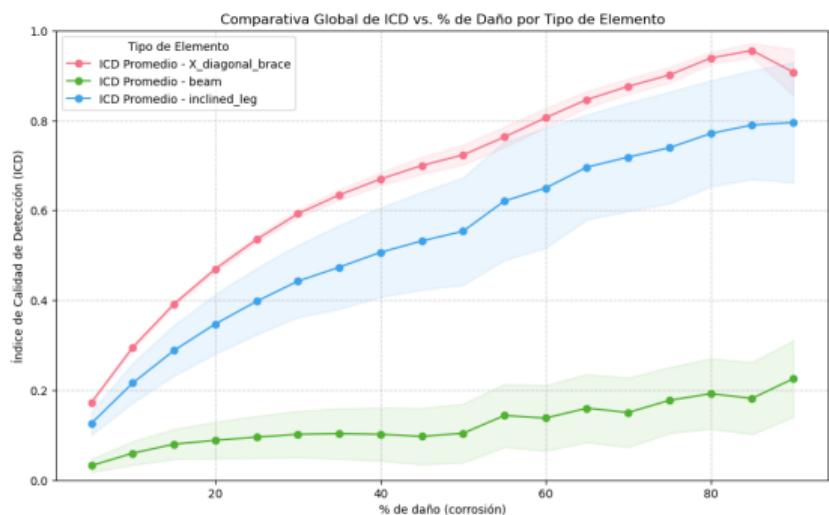
# Resultados: Escenario de Corrosion

Evaluacion de la metodologia ante perdida de espesor generalizada.

# Corrosion: Elementos Inclinados y Resumen



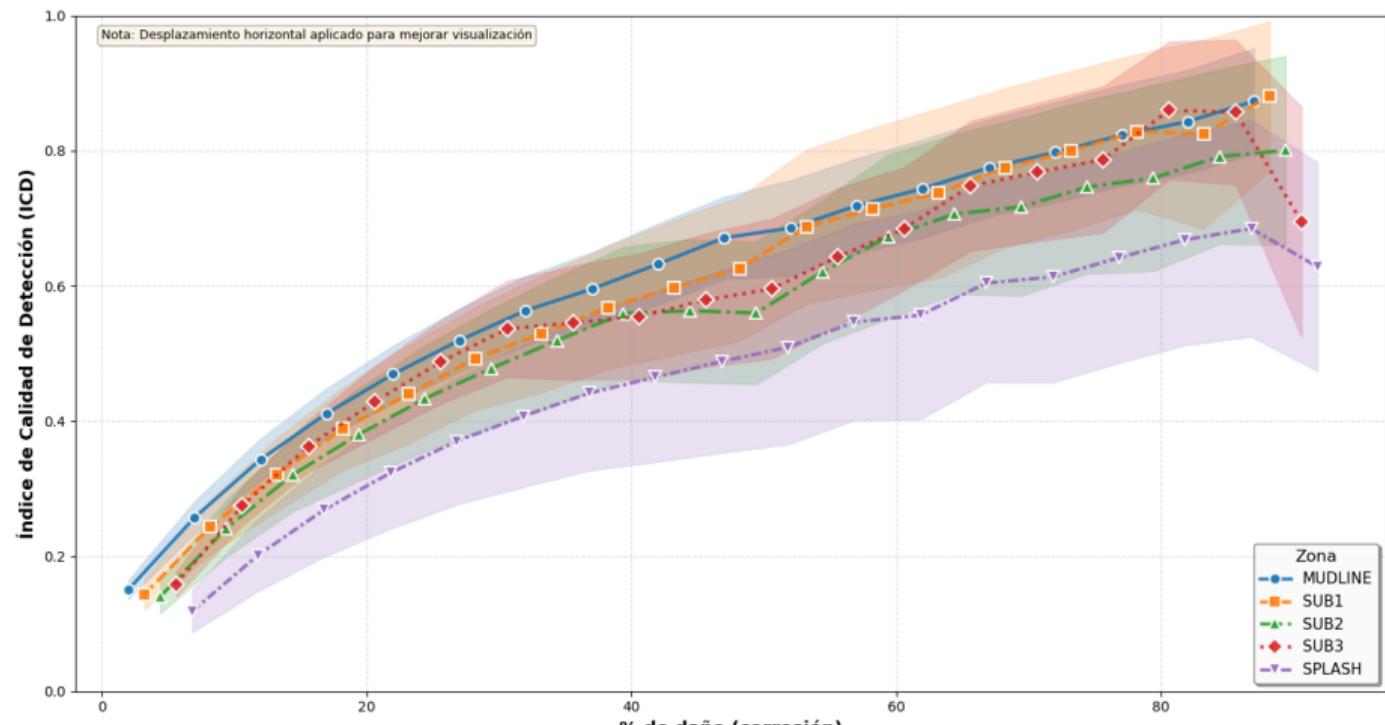
(a) Elementos Inclinados



(b) Comparativa por Tipo

# Corrosion: Comparativa Global

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



# Discusion de Resultados

- **Comportamiento Diferenciado:**

- Elementos Secundarios (Diagonales): Detectables con ICD a partir del **30 % de daño**.
- Elementos Principales (Piernas): Requieren severidad  $> 50\%$  para identificacion fiable.

- **Fusibles Estructurales:** Las diagonales advierten del deterioro antes de fallos criticos globales.

- **Eficacia del ICD:** Penaliza falsos positivos, mejorando la confianza en la deteccion respecto a metodos tradicionales.

# Conclusiones Generales

- ① La metodología basada en AG y el índice ICD permite identificar daño estructural en entornos con incertidumbre.
- ② La modelación física (masa adherida, crecimiento marino) es crucial para representar la dinámica real.
- ③ Se valida la hipótesis de monitoreo híbrido:
  - **SHM Automatico:** Para vigilancia continua de elementos secundarios.
  - **Inspección Focalizada:** Para nodos y piernas principales, optimizando recursos.

# Perspectivas Futuras

- Implementacion en tiempo real con datos de sensores in-situ.
- Validacion experimental en tanque de olas.
- Extension a estructuras eolicas offshore.
- Integracion de algoritmos de Machine Learning hibridos para acelerar la convergencia del AG.

# Bibliografia

-  Mubarak et al. (2020). Condition Monitoring of Offshore Platforms.
-  Goldberg, D.E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning.
-  API RP 2A-WSD (2014). Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms.

# Gracias por su atencion