

Coordinacion Academica del Posgrado

Direccion de Desarrollo de Talento

EVALUACION DE DESEMPEÑO

Trabajo de Investigacion de Doctorado

8vo Semestre

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

M. I. Francisco Cisneros

Ingeniero Civil

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

Contenido

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

Tipos de componentes en plataformas

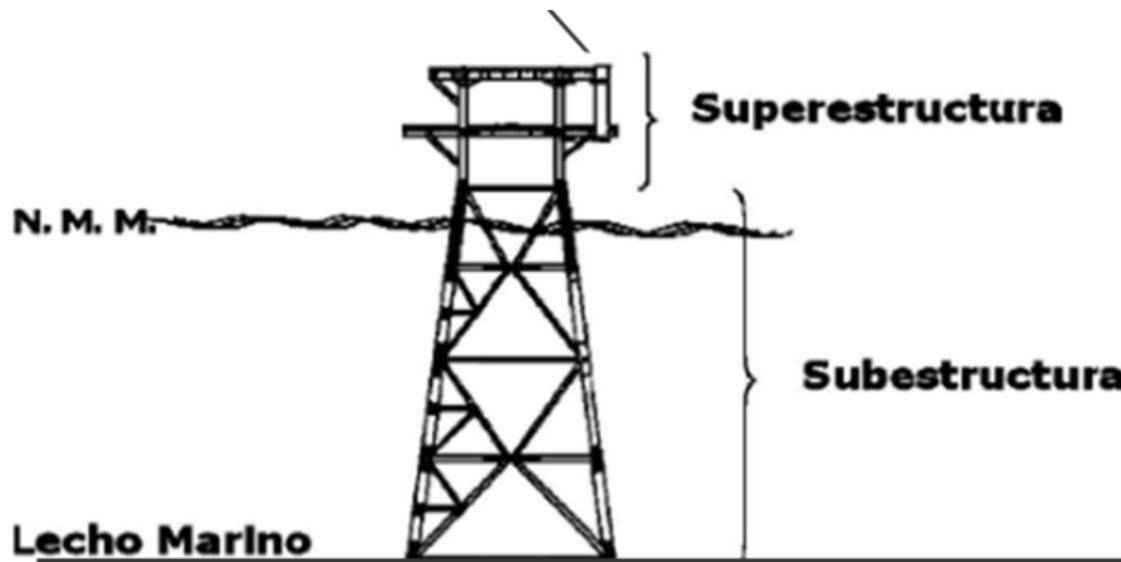
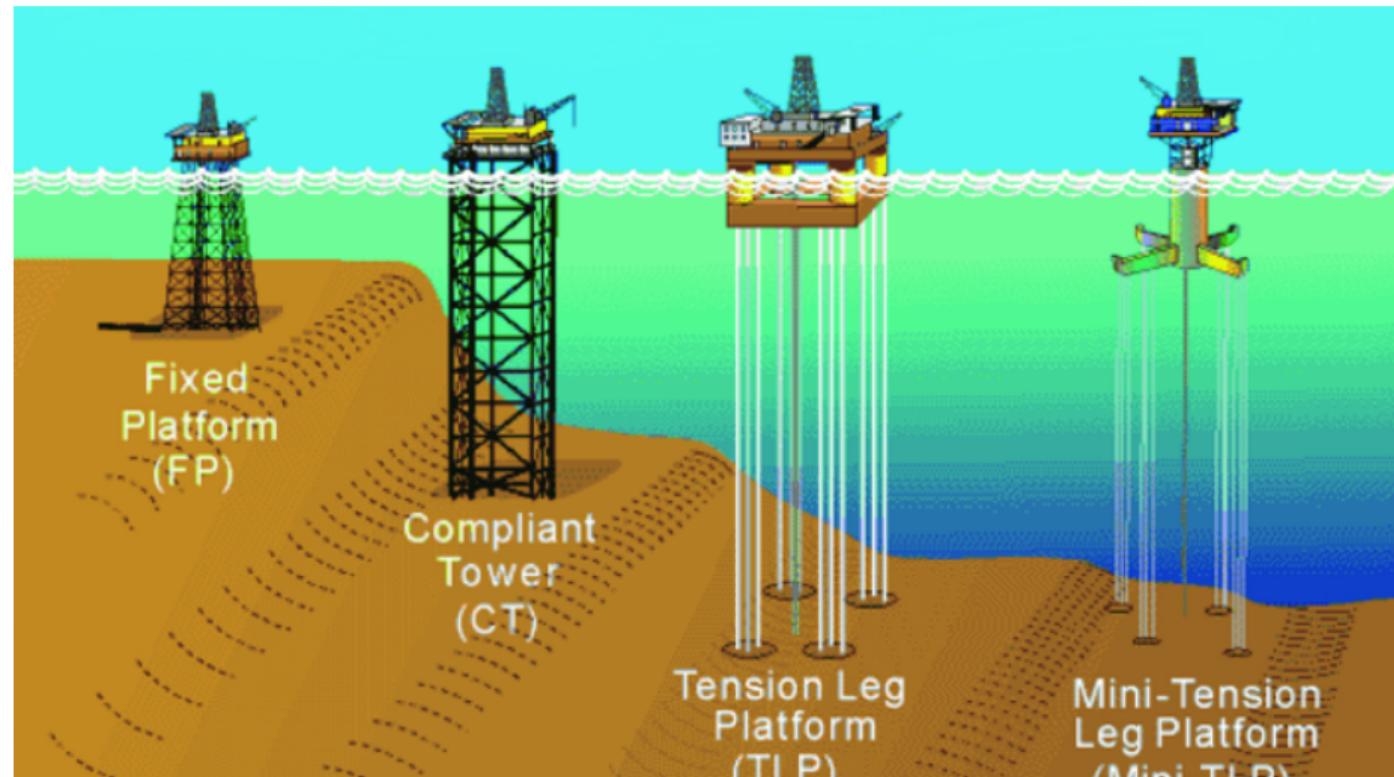


Figura: Subestructura y Superestructura.

Tipos de plataformas



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 basadas en datos (SHM).



Figura: Deterioro en plataformas marinas.

Colapso y Dano Estructural Severo



Detalle de Corrosion en Elementos Tubulares



Perdida de Espesor y Perforacion



Proceso de Inspeccion Submarina



Interaccion Humana en Entorno Submarino



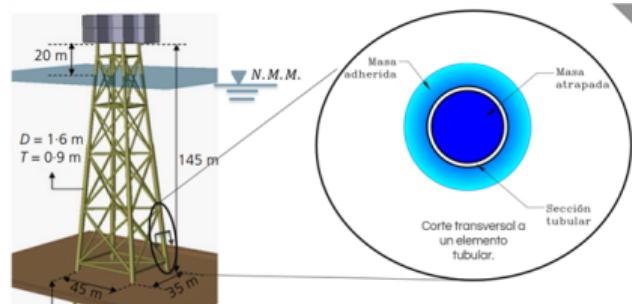
Objetivos de la Investigacion

- **Objetivo General:** Desarrollar y validar una metodología SHM basada en optimización inversa con AG para identificar daño en plataformas Jacket.
- **Objetivos Específicos:**
 - Formular el **Índice de Calidad de Detección (ICD)** para fusionar indicadores vibratorios.
 - Validar la metodología 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

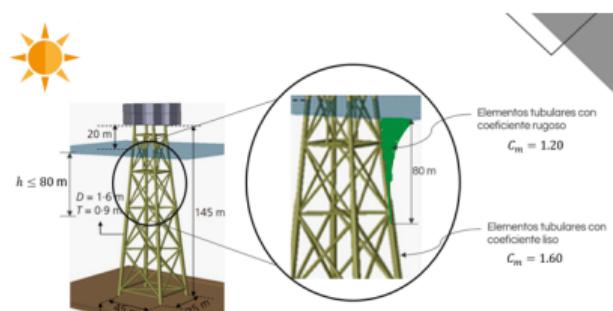
La matriz de masa global incluye:

- **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 hidrodinamicos.



Mecanica del Dano: Corrosion Uniforme

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

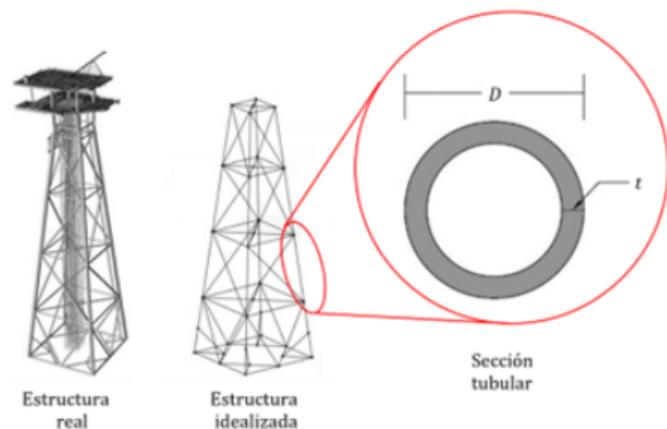


Figura: Reducción de espesor por corrosión.

Mecanica del Dano: Abolladuras

- Distorsion de la seccion transversal (aplanamiento).
- Reduccion drastica del momento de inercia local (I_{red}).
- Suavizado numerico con interpolacion polinomica.

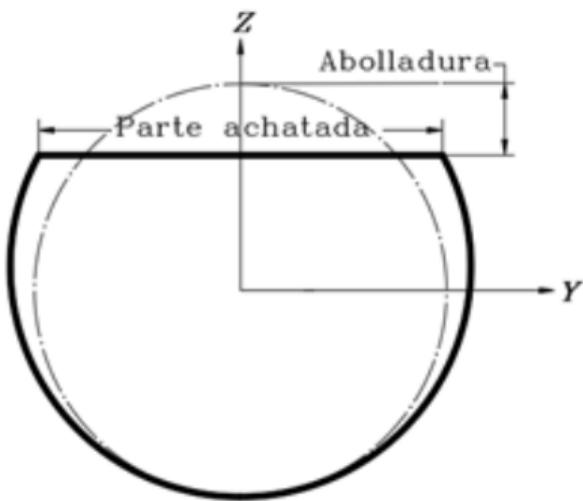


Figura: Seccion abollada.

Seccion 5: Hipotesis

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

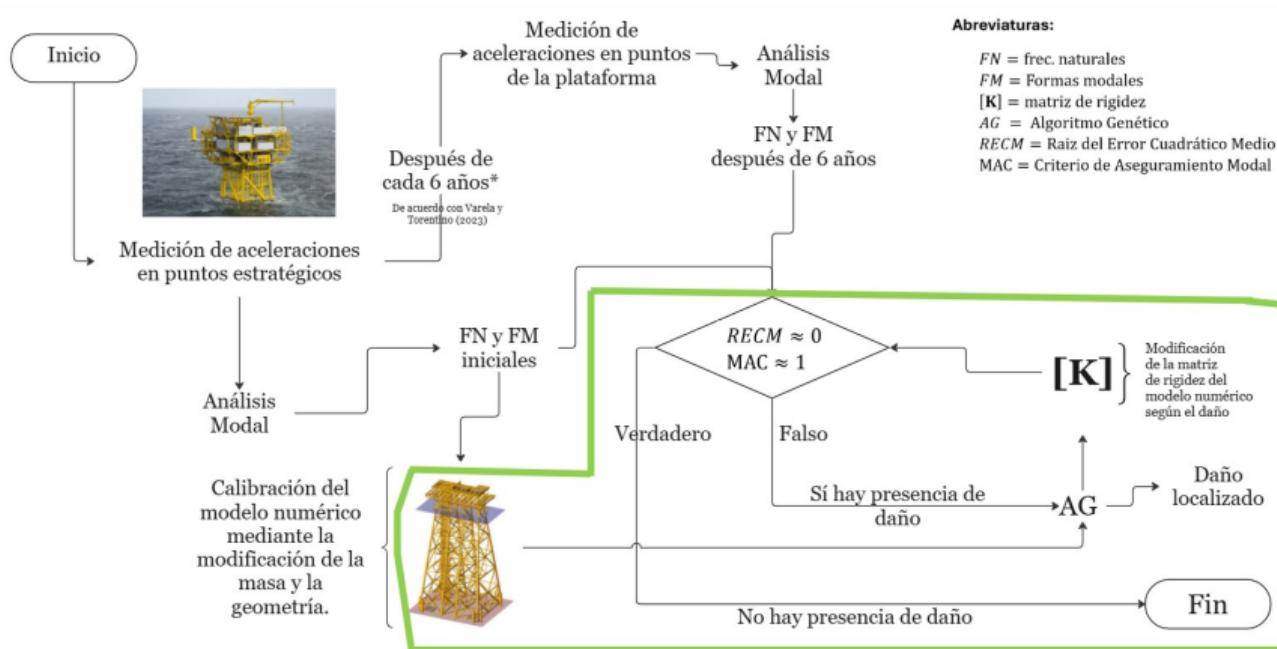


Figura: Esquema general de la metodología SHM.

Optimizacion con Algoritmos Geneticos

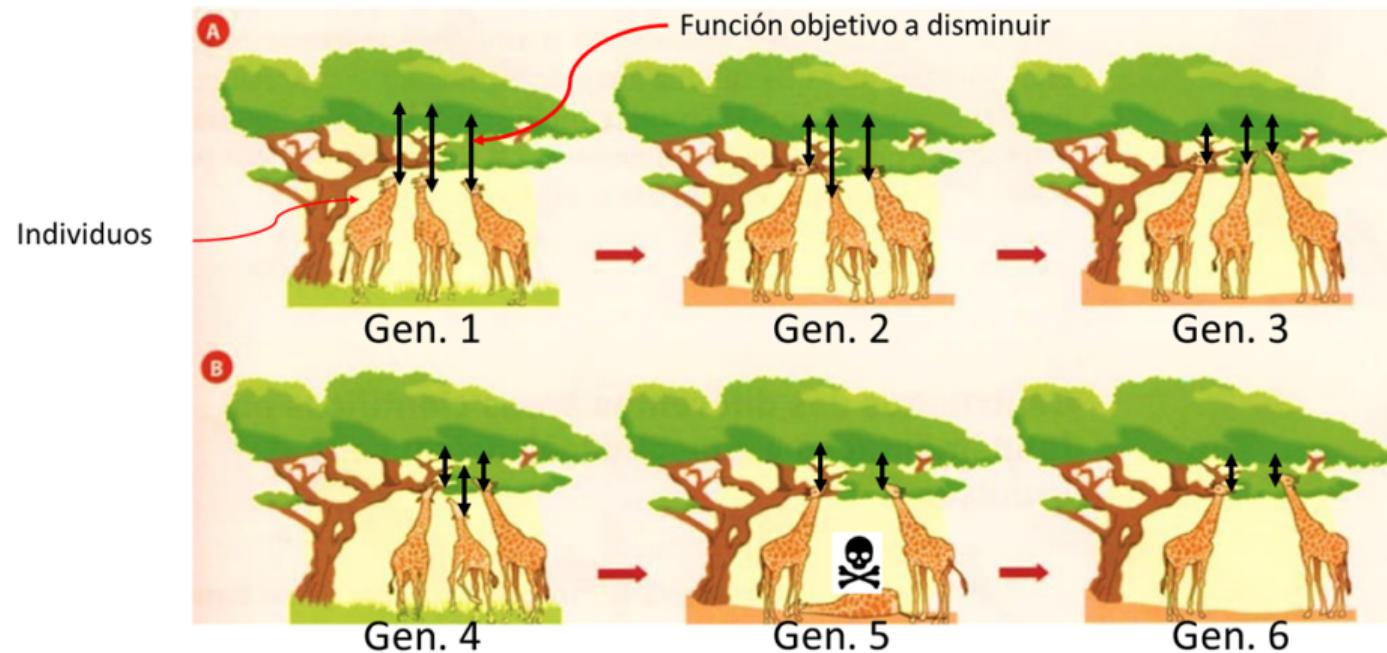
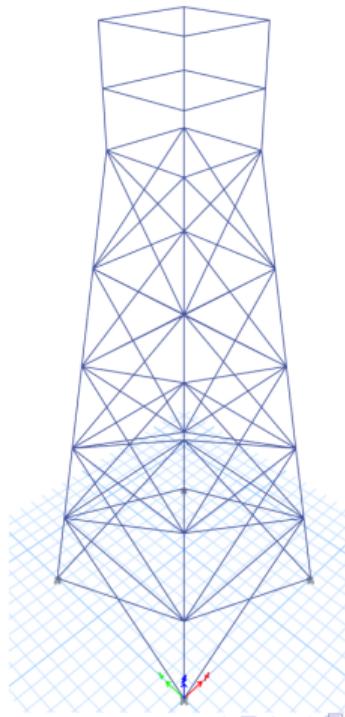


Figura: Analogia evolutiva del AG.

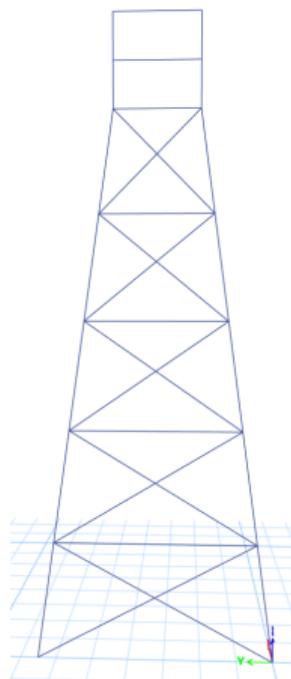
Modelo de Plataforma Jacket

Caracteristicas:

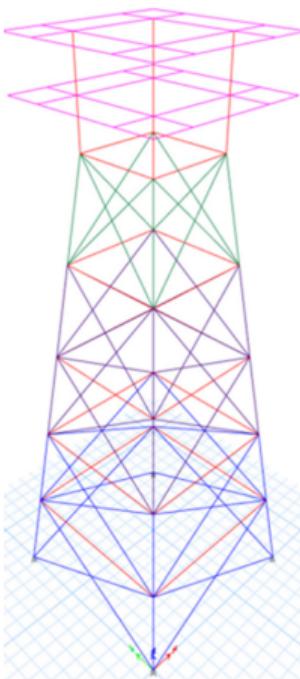
- Estructura tipo Jacket de 4 patas.
- Sistema MDOF discretizado.
- Inclusion de masa hidrodinamica e interaccion suelo-estructura.



Detalle del Modelo



(a) Vista Frontal.

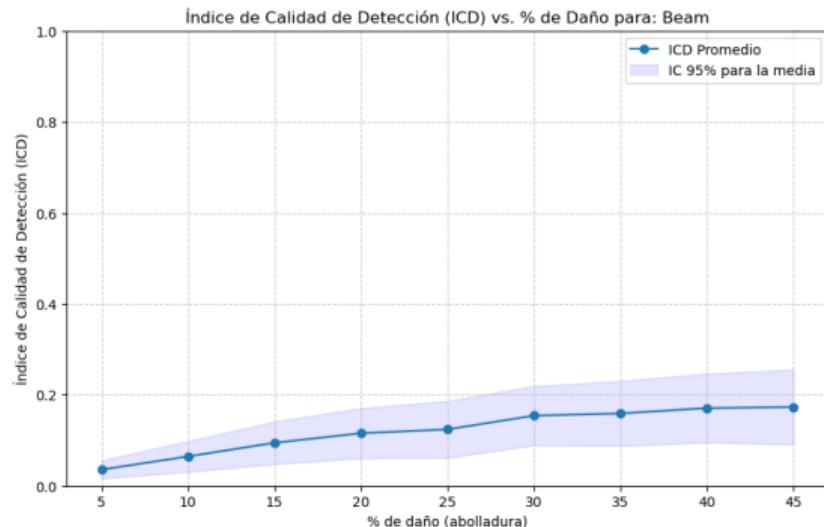


(b) Identificacion de Secciones.

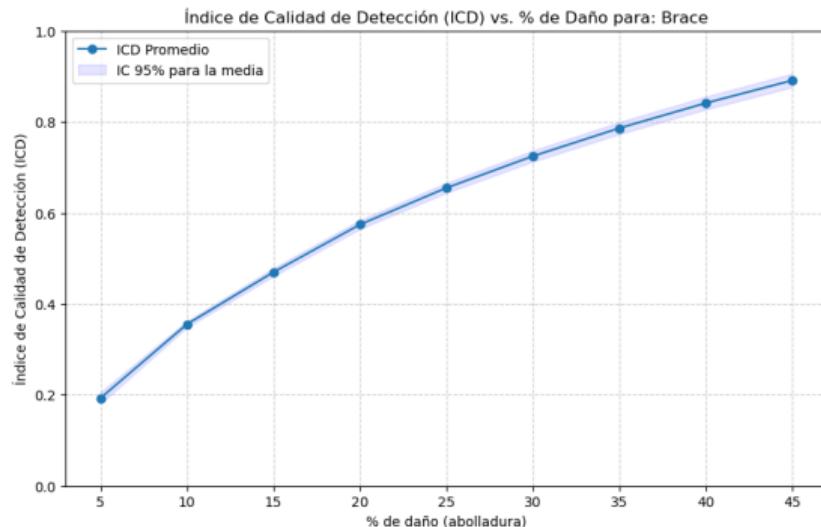
Resultados: Escenario de Abolladura

Introduccion al analisis de sensibilidad del ICD ante abolladuras en diferentes elementos.

Abolladura: Vigas vs Braces



(a) Vigas (Beams)

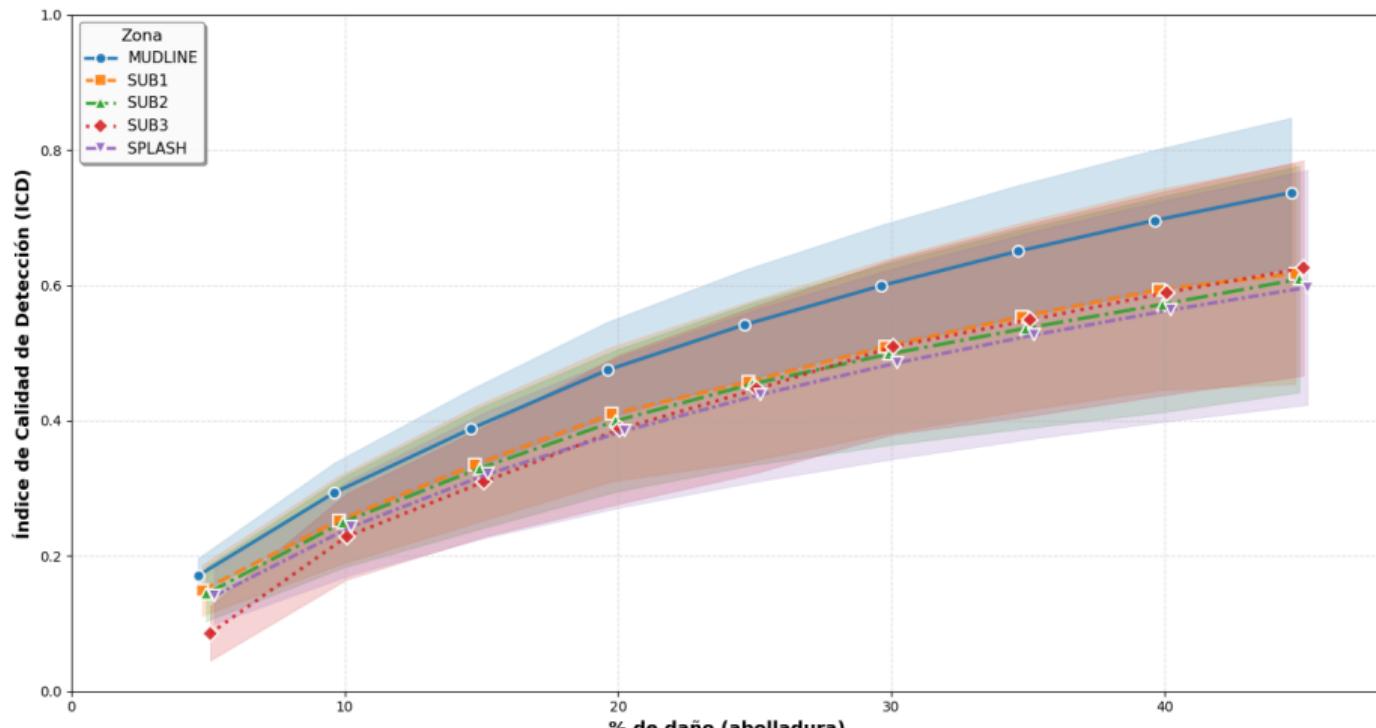


(b) Diagonales (Braces)

Figura: Sensibilidad del ICD en elementos horizontales vs diagonales.

Abolladura: Comparativa Global

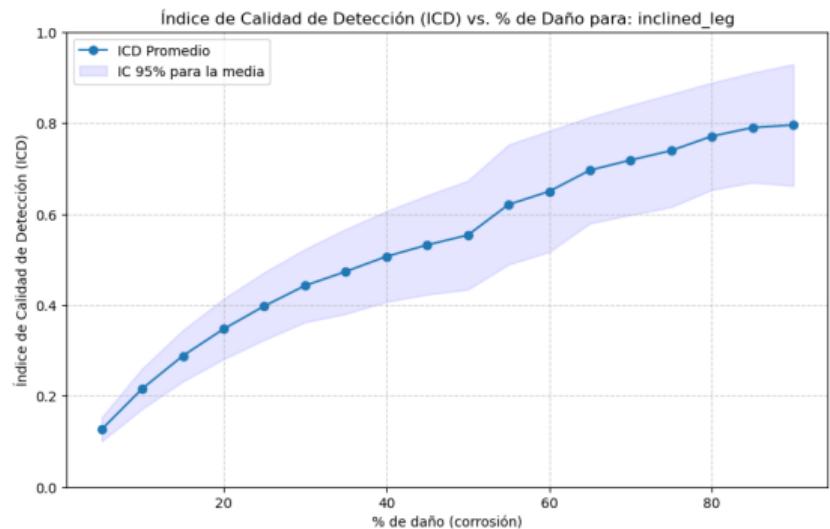
Comparativa Global de ICD vs. % de Daño por Zona (Abolladura)



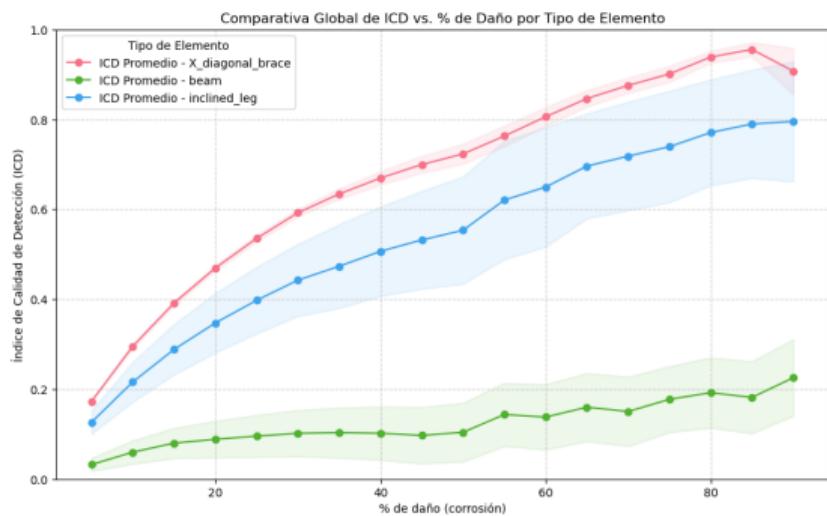
Resultados: Escenario de Corrosion

Evaluacion de la metodologia ante perdida de espesor generalizada.

Corrosion: Elementos Inclinados y Resumen



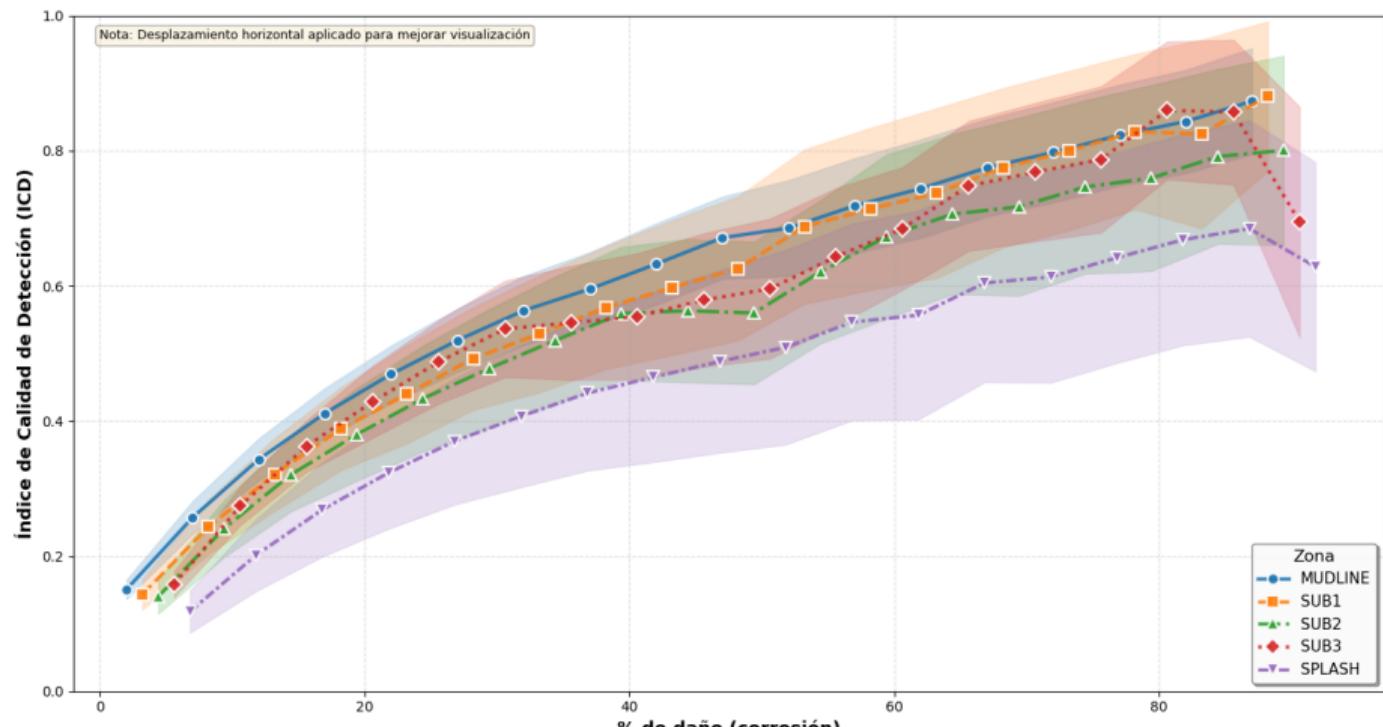
(a) Elementos Inclinados



(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.
- Aplicacion de la metodologia a modelos de plataformas reales.

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.