

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

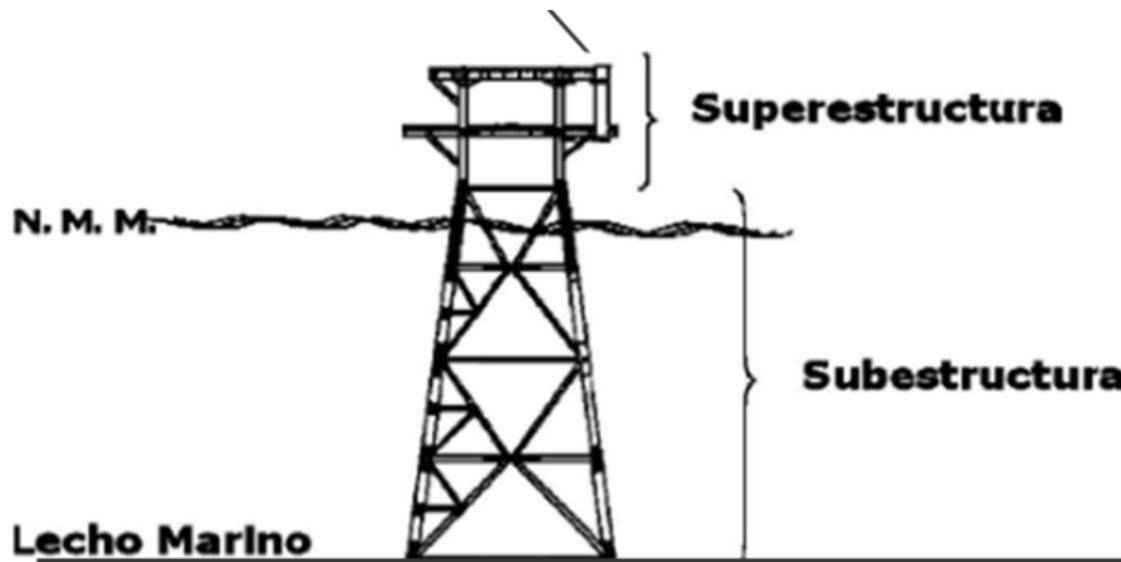
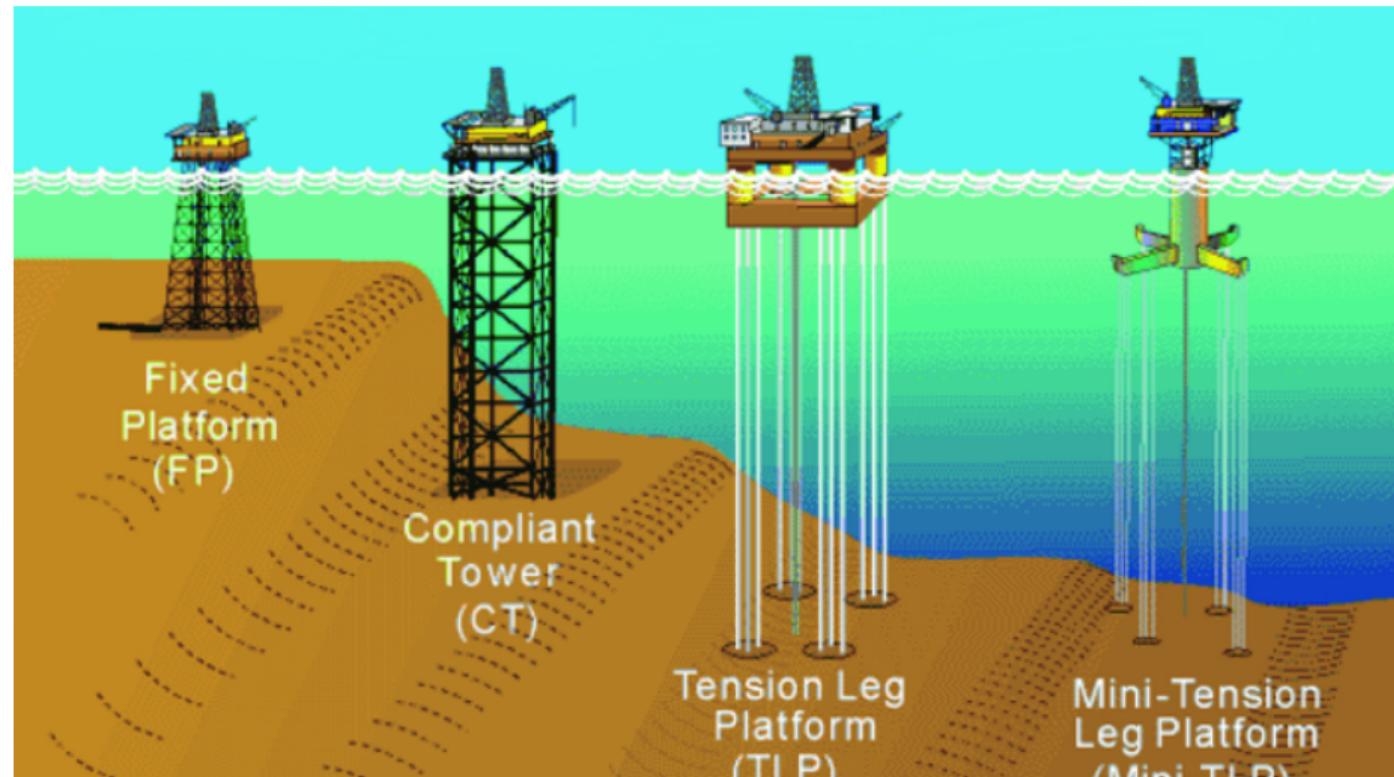


Figura: Subestructura y Superestructura.

# 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



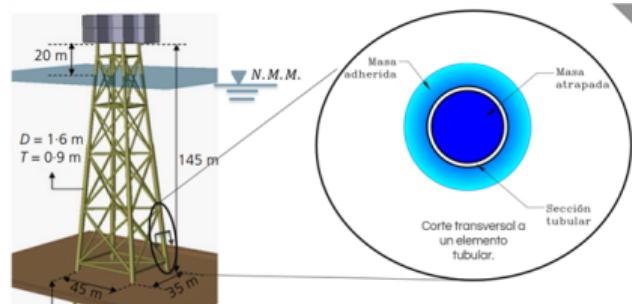
# Objetivos de la Investigacion

- **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

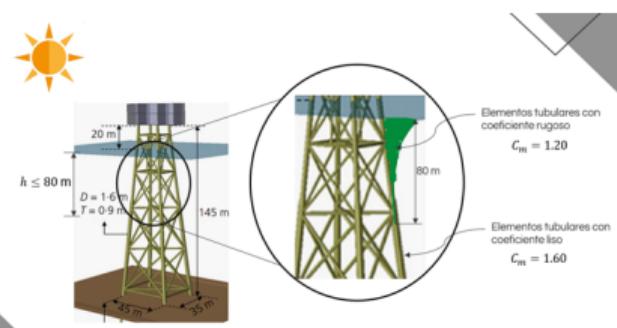
La matriz de masa global incluye:

- **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.

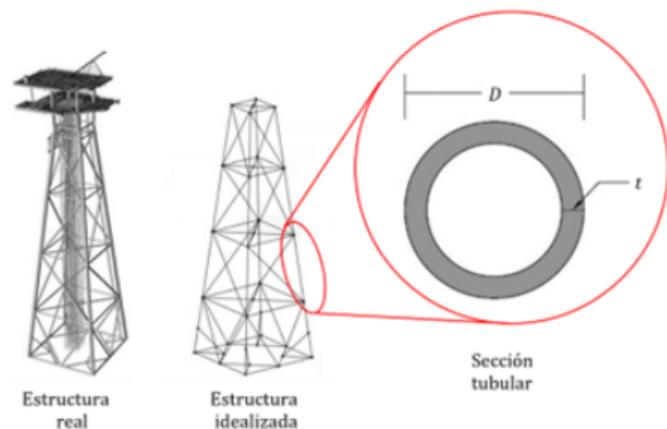


Figura: Reducción de espesor por corrosión.

# Mecanica del Dano: Abolladuras

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

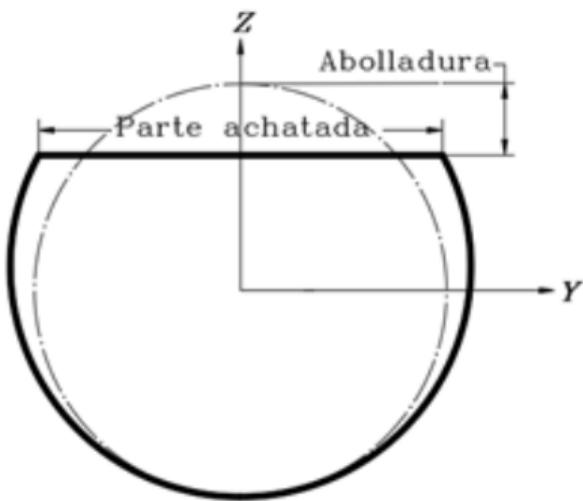


Figura: Seccion abollada.

## 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

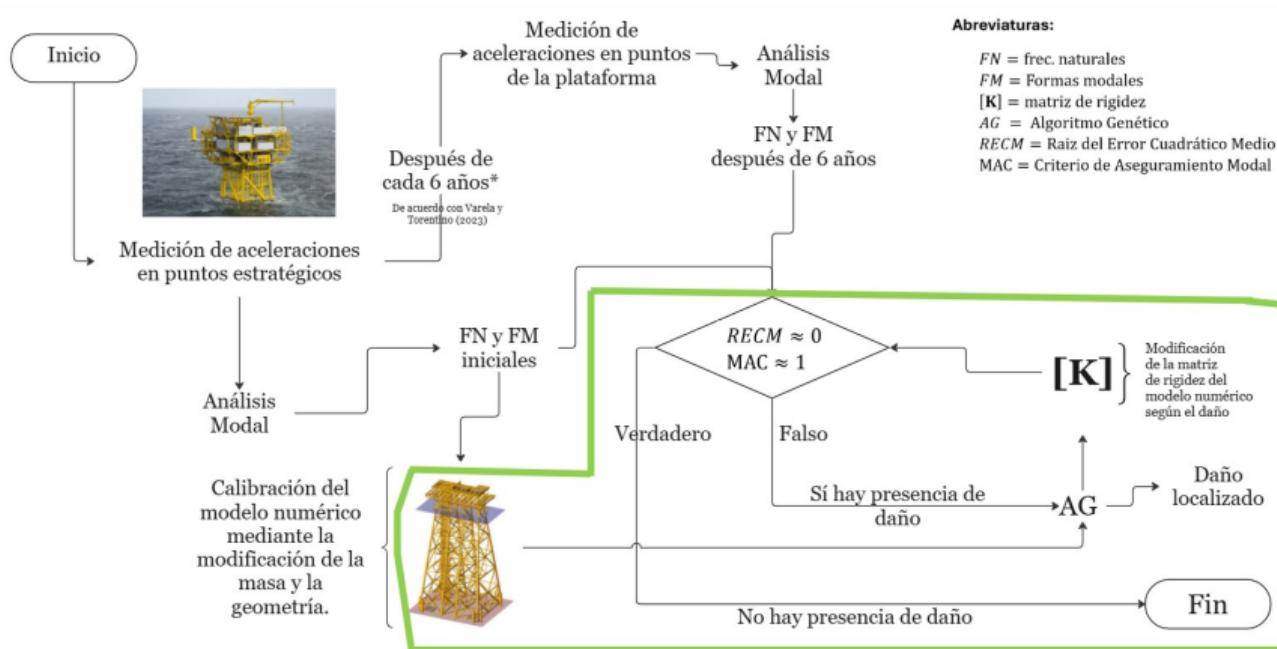


Figura: Esquema general de la metodología SHM.

# Optimizacion con Algoritmos Geneticos

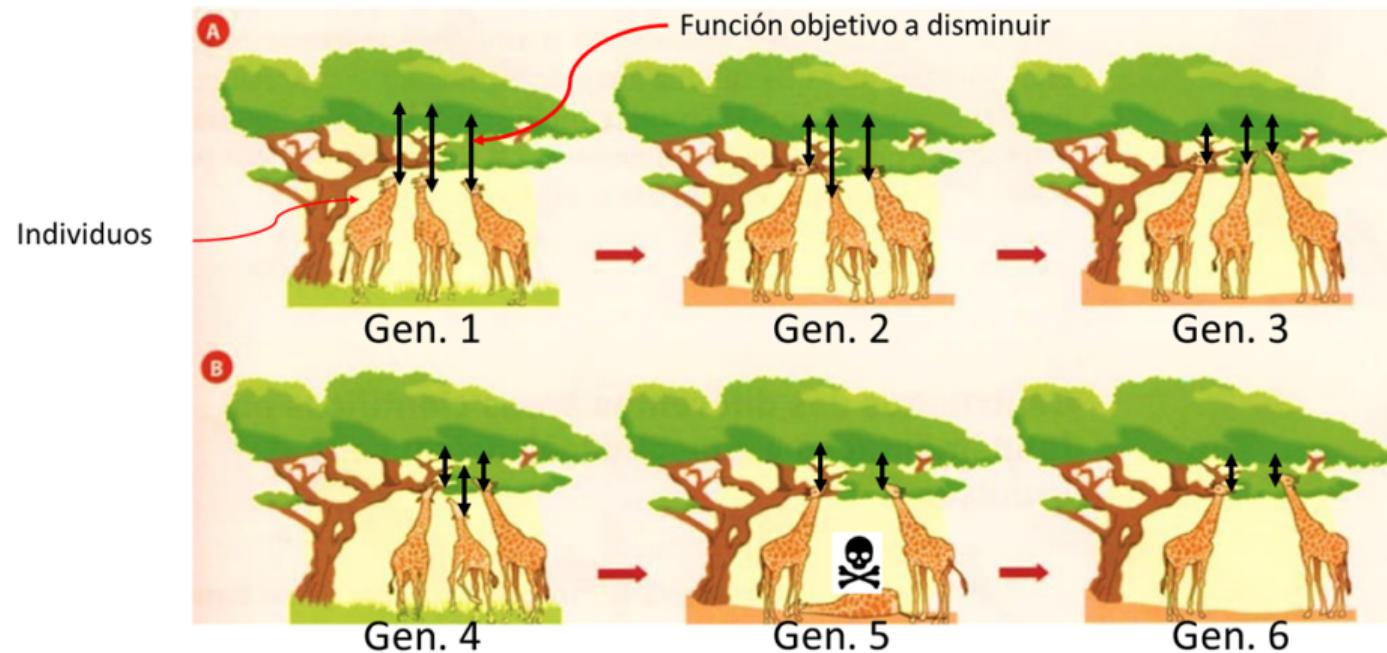
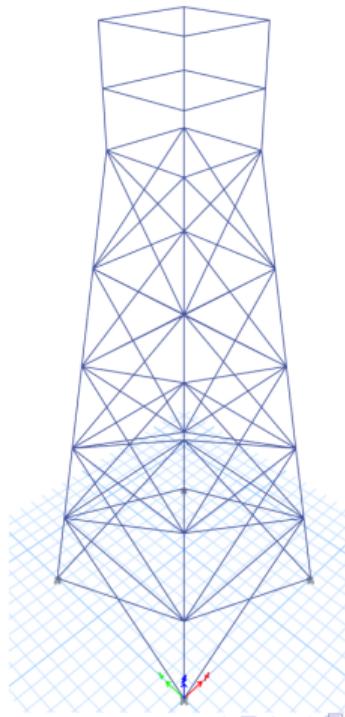


Figura: Analogia evolutiva del AG.

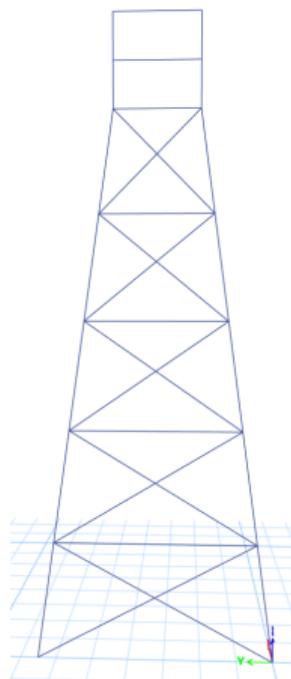
# Modelo de Plataforma Jacket

## Caracteristicas:

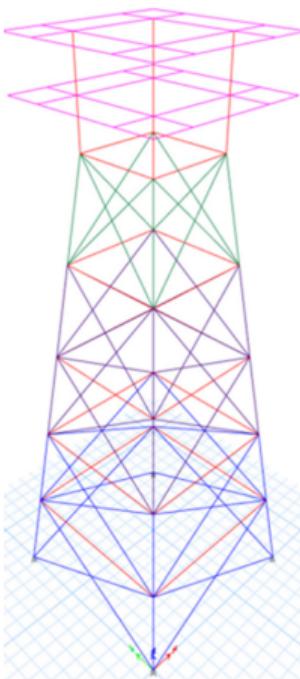
- Estructura tipo Jacket de 4 patas.
- Sistema MDOF discretizado.
- Inclusion de masa hidrodinamica e interaccion suelo-estructura.



# Detalle del Modelo



(a) Vista Frontal.

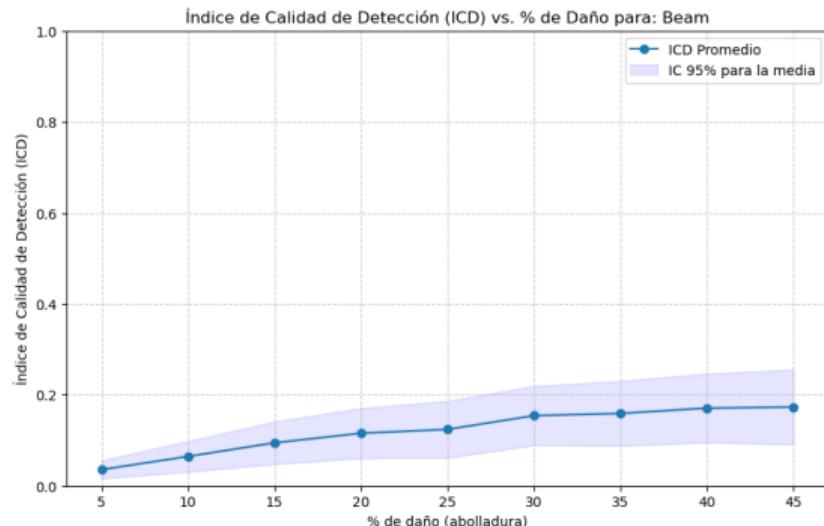


(b) Identificacion de Secciones.

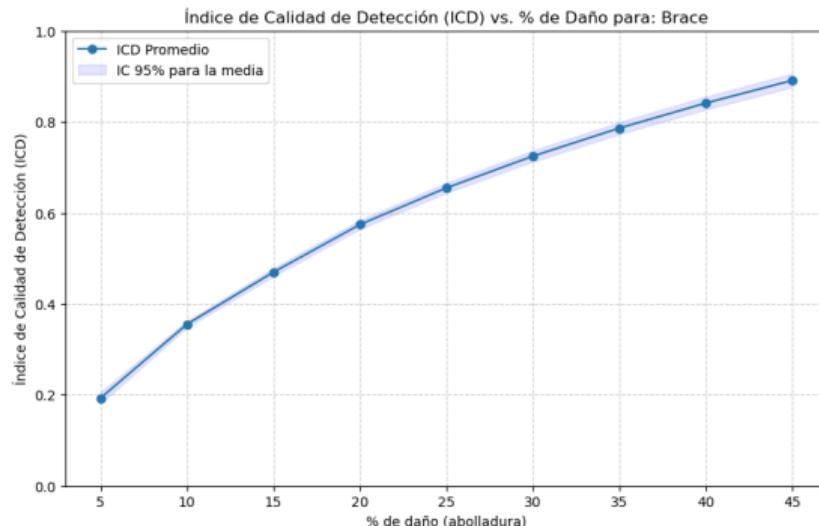
# Resultados: Escenario de Abolladura

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

# Abolladura: Vigas vs Braces



(a) Vigas (Beams)

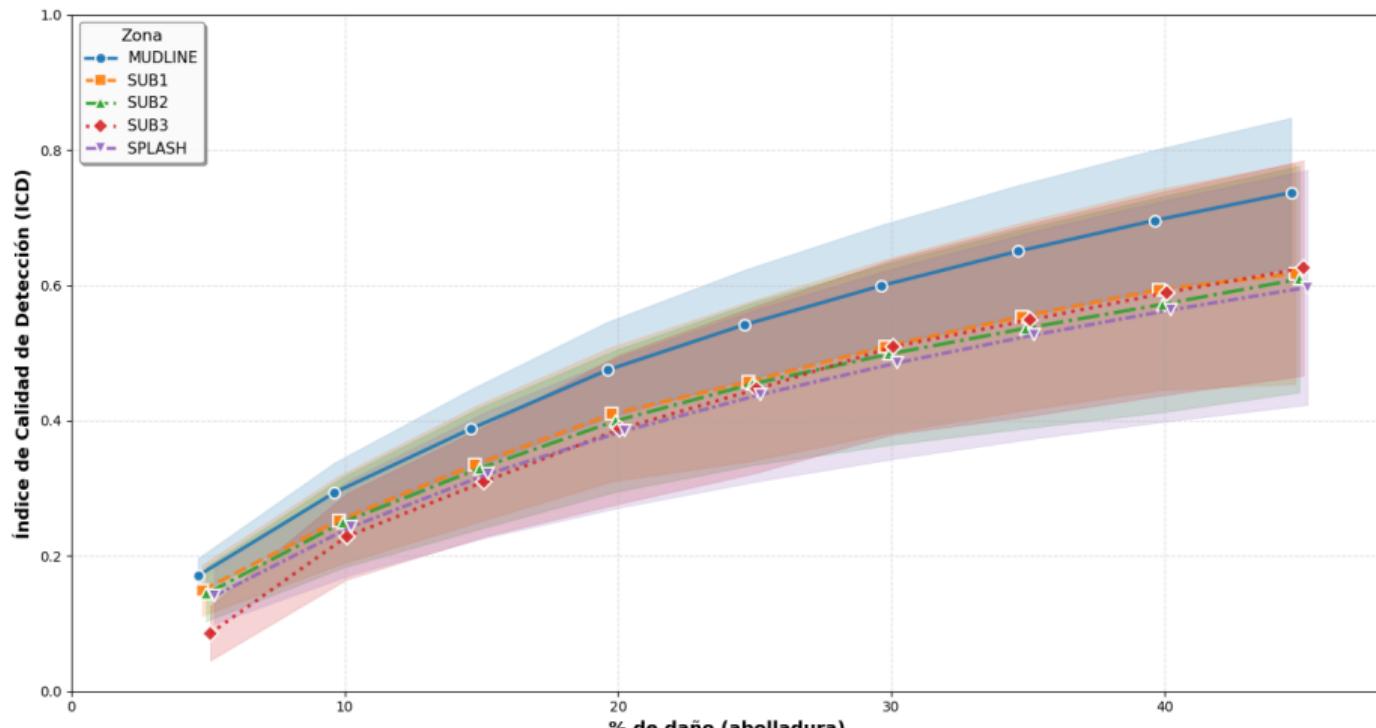


(b) Diagonales (Braces)

Figura: Sensibilidad del ICD en elementos horizontales vs diagonales.

# Abolladura: Comparativa Global

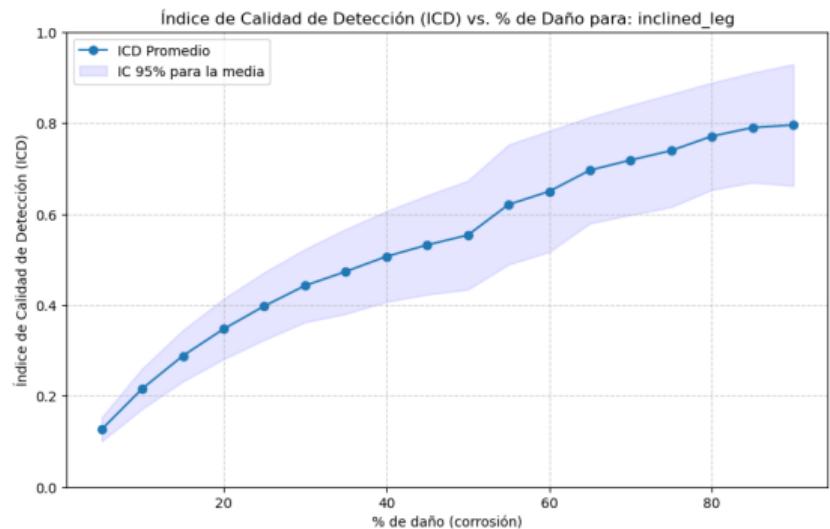
Comparativa Global de ICD vs. % de Daño por Zona (Abolladura)



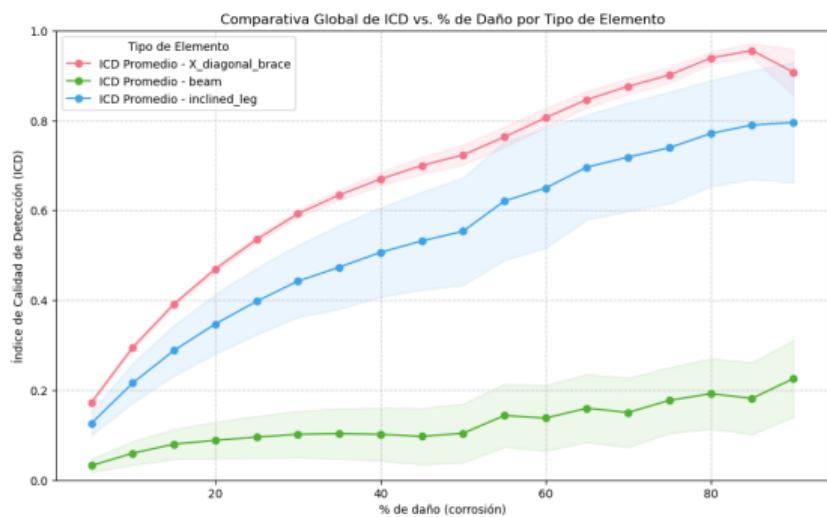
# Resultados: Escenario de Corrosion

Evaluacion de la metodologia ante perdida de espesor generalizada.

# Corrosion: Elementos Inclinados y Resumen



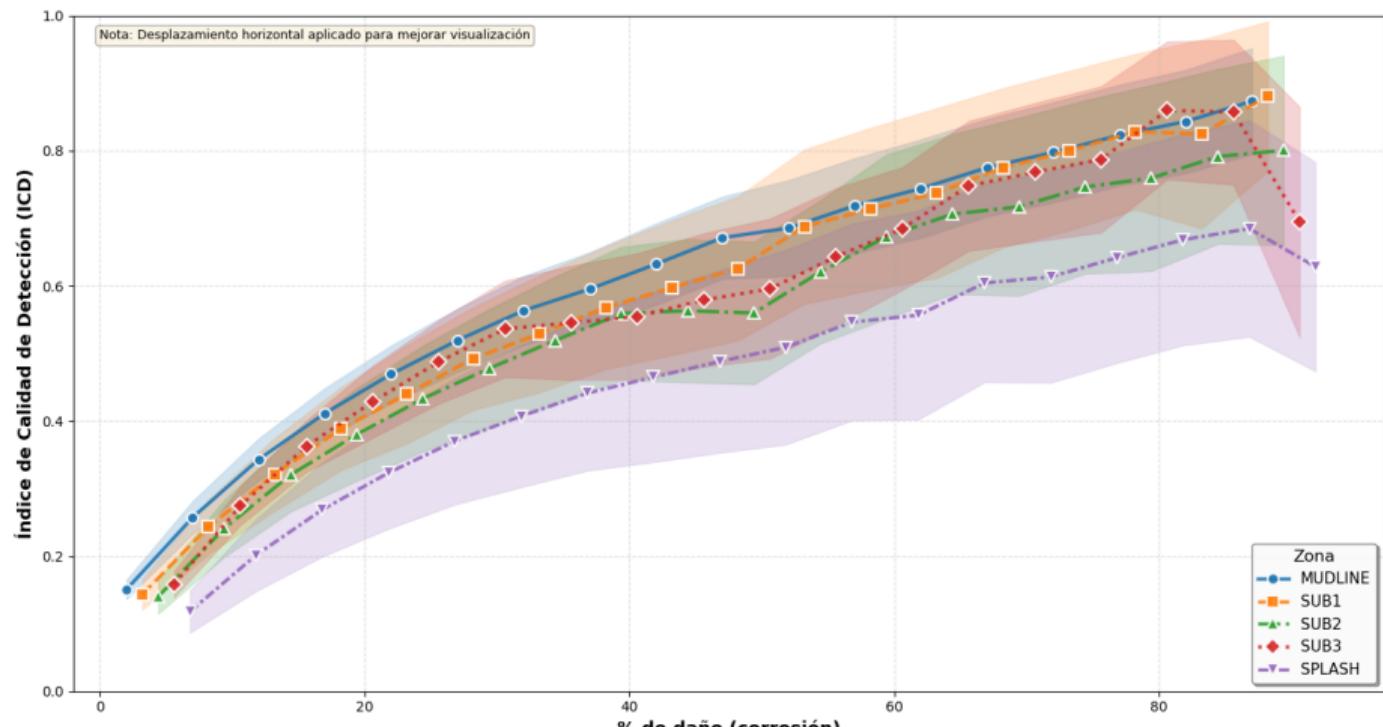
(a) Elementos Inclinados



(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 metodologia basada en AG y el indice ICD permite identificar daño estructural en entornos con incertidumbre.
- ② La modelacion fisica (masa adherida, crecimiento marino) es crucial para representar la dinamica real.
- ③ Se valida la hipotesis de monitoreo hibrido:
  - **SHM Automatico:** Para vigilancia continua de elementos secundarios.
  - **Inspeccion 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.

# Referencias I

-  Aghaeidoost, V., y Seyedpoor, S. M. (2023). Damage detection in jacket-type offshore platforms via generalized flexibility matrix and optimal genetic algorithm. *Ocean Engineering*, 270, 113568.
-  American Petroleum Institute. (2014). Planning, designing, and constructing fixed offshore platforms - working stress design [Manual de software informatico]. Washington, Estados Unidos. Descargado de <https://www.api.org/products-and-services/standards/purchase> (IHS bajo licencia de API. Recuperado el 1 de diciembre de 2023).
-  Cardenas-Arias, C. G. (2019). Elasticity modulus variation of the AISI SAE 1045 steel subjected to corrosion process by chloride using tension test destructive. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 844(1), 012059. doi: 10.1088/1757-899X/844/1/012059.
-  Doebling, S. W. (1996). *Damage identification and health monitoring of structural and mechanical systems from changes in their vibration characteristics: A literature review* (Inf. Tec.). Los Alamos, Nuevo Mexico, Estados Unidos: Los Alamos National Laboratory. Descargado 2022-12-16, de <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc663932/m1/25/>.

## Referencias II

-  Ghsoub, M. B. (2018). *Structural health monitoring of offshore jacket platforms* (Tesis Doctoral, Politecnico di Torino, Torino, Italia). Descargado 2023-07-11, de [https://webthesis.biblio.polito.it/view/creators/Ghsoub=3AMarie\\_Belle=3A=3A.html](https://webthesis.biblio.polito.it/view/creators/Ghsoub=3AMarie_Belle=3A=3A.html).
-  Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Reading, MA: Addison-Wesley.
-  Instituto de buceo comercial tech diving. (2020). *Tech diving*. Descargado 2023-07-11, de <http://institutodebuceocomercial.lat/>.
-  Malekzadeh, H. (2013). Damage detection in an offshore jacket platform using genetic algorithm-based finite element model updating with noisy modal. *Procedia Engineering*, 54, 480-490. doi: 10.1016/j.proeng.2013.03.044.
-  Mohamed Mubarak Abdul Wahab, V. J. (2020, 24 de September). Condition assessment techniques for aged fixed-type offshore platforms considering decommissioning: a historical review. *Journal of Marine Science and Application*, 2. doi: 10.1007/s11804-020-00181-z.

## Referencias III



Sinergia. (2024). A pesar de record en accidentes, pemex recorta 50 % el gasto en mantenimiento. *Sinergia Energetica*. Descargado de <https://secmexico.com/a-pesar-de-record-en-accidentes-pemex-recorta-50-el-gasto-en-mantenimiento/>.