

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 deteccion de daño en  
plataformas marinas fijas por medio de analisis de vibraciones

**M. I. Francisco Cisneros**

Ingeniero Civil

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

# Contenido

- 1 Justificación
- 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

# Justificación del Problema

- **Infraestructura Envejecida:** Gran parte de las plataformas en el Golfo de México han superado su vida útil 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 inspección visual.
- **Necesidad:** Estrategias de mantenimiento basadas en datos (SHM).



Figura: Deterioro en plataformas marinas.

# Deterioro Estructural



(a) Corrosion severa.



(b) Abolladura por impacto.

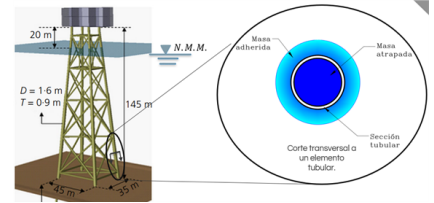
## Objetivos de la Investigacion

- **Objetivo General:** Desarrollar y validar una metodología SHM basada en optimización inversa con AG para identificar daño en plataformas Jacket.
- **Objetivos Específicos:**
  - Formular el **Indice 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 Teórico: Elementos de Masa

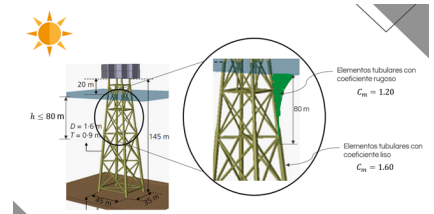
La matriz de masa global incluye:

- **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 diametro efectivo y coeficientes hidrodinamicos.



# Mecánica del Daño Simulado

## Corrosion Uniforme:

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

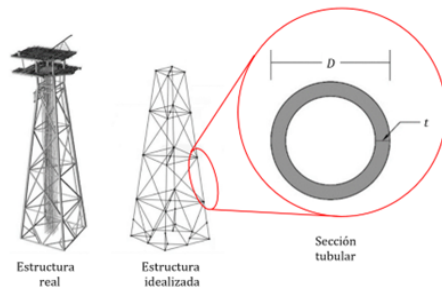
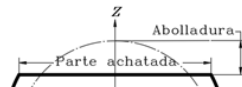


Figura: Reducción de espesor por corrosión.

## Abolladuras:

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



## Hipotesis de Trabajo

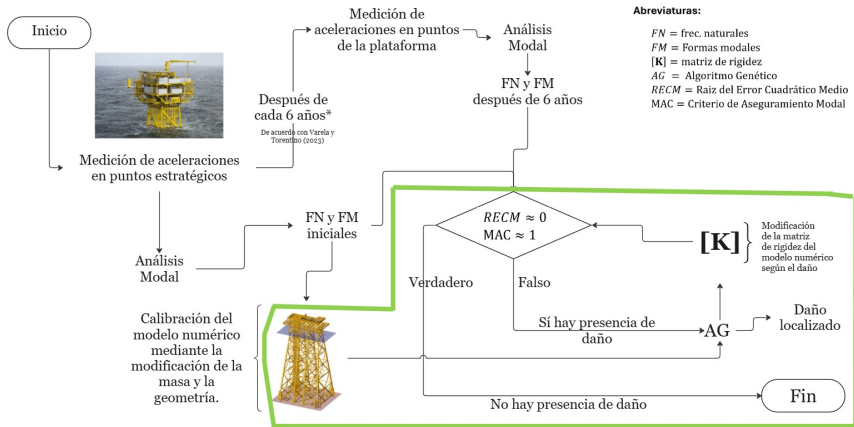
*"Los elementos secundarios (diagonales o braces) actúan como fusibles estructurales, manifestando cambios modales detectables a través del ICD antes de que se comprometa la integridad global de las piernas principales."*

### 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.

# Optimización con Algoritmos Genéticos

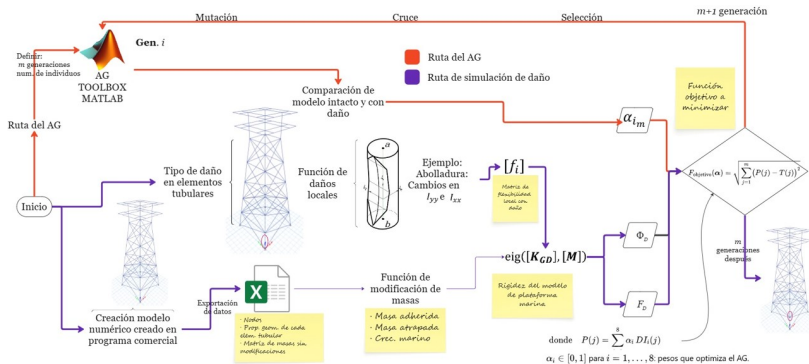
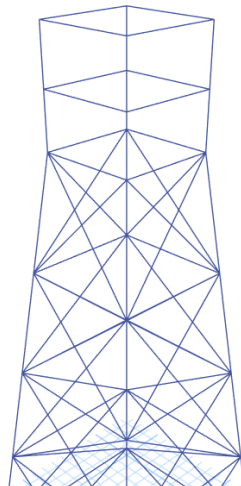


Figura: Flujo del Algoritmo Genético.

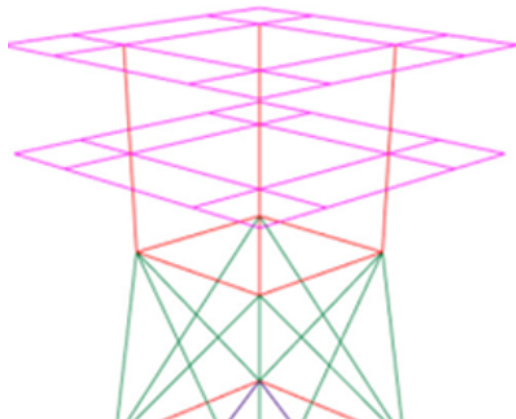
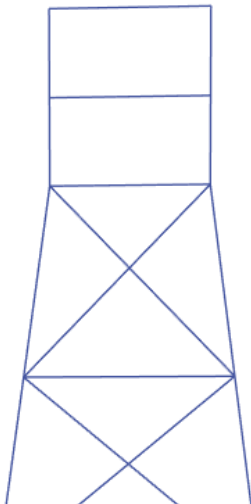
# Modelo de Plataforma Jacket

## Características:

- Estructura tipo Jacket de 4 patas.
- Sistema MDOF discretizado.
- Inclusión de masa hidrodinámica e interacción suelo-estructura.



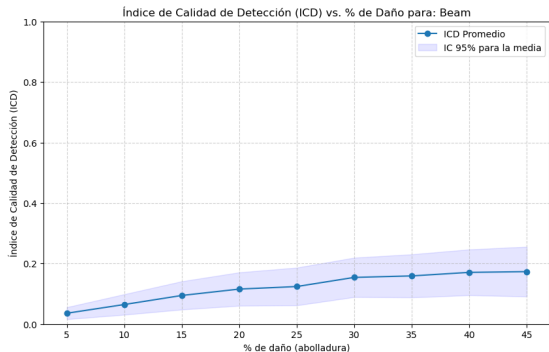
# Detalle del Modelo



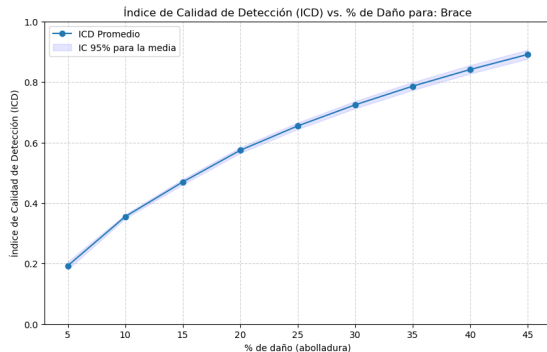
## Resultados: Escenario de Abolladura

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

# Abolladura: Vigas vs Braces



(a) Vigas (Beams)

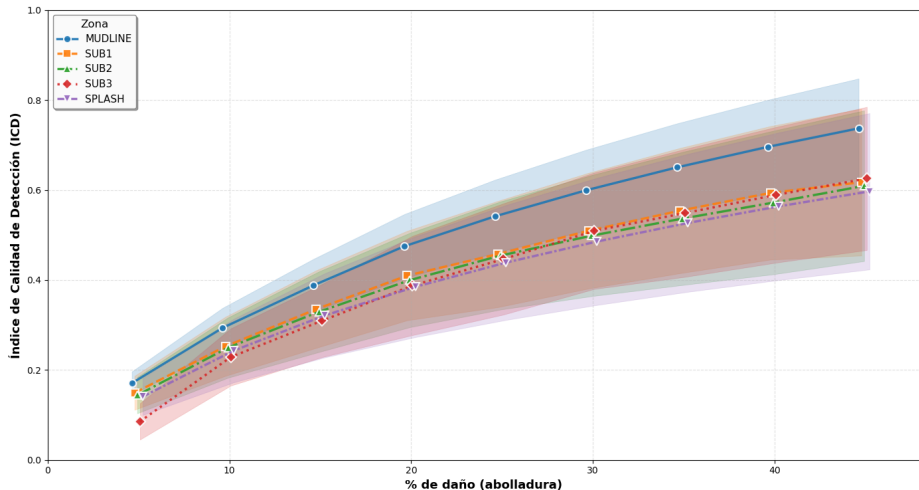


(b) Diagonales (Braces)

Figura: Sensibilidad del ICD en elementos horizontales vs diagonales.

# Abolladura: Comparativa Global

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

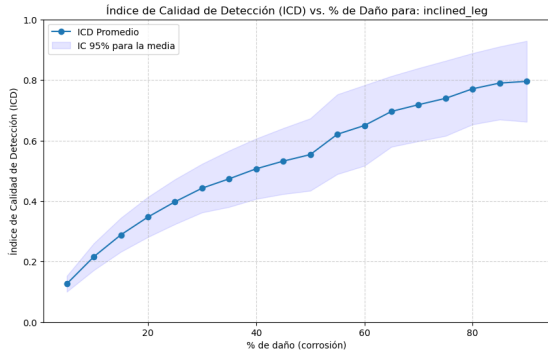


## Resultados: Escenario de Corrosion

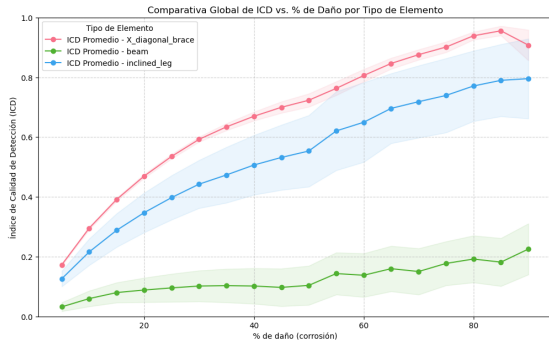
## Evaluacion de la metodologia ante perdida de espesor generalizada.



# Corrosion: Elementos Inclinados y Resumen

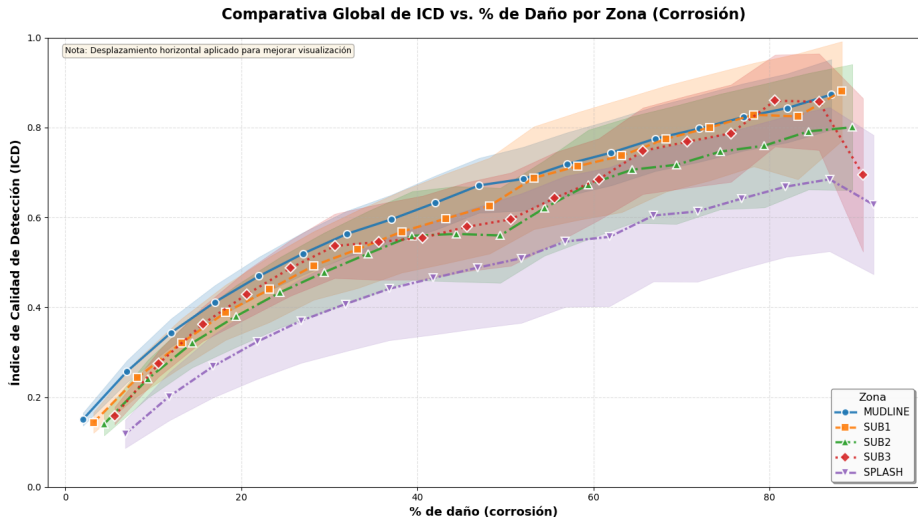


(a) Elementos Inclinados



(b) Comparativa por Tipo

# Corrosion: Comparativa Global



## Discussion de Resultados

- **Comportamiento Diferenciado:**
  - Elementos Secundarios (Diagonales): Detectables con ICD a partir del **30 % de daño**.
  - Elementos Principales (Piernas): Requieren severidad **> 50 %** para identificación fiable.
- **Fusibles Estructurales:** Las diagonales advierten del deterioro antes de fallos críticos globales.
- **Eficacia del ICD:** Penaliza falsos positivos, mejorando la confianza en la detección respecto a métodos 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 Automático:** 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.