

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE HERRAMIENTAS INERCIALES Y GEOMÉTRICAS COMO MÉTODO DE PREVENCIÓN DE FALLAS EN OLEODUCTOS ANTE ZONAS INESTABLES GEOTÉCNICAMENTE

Alex Malagón/Alejandro Marín



04 de abril 2019

CONTENIDO

- Objetivo-Alcance
- La Compañía
- Herramientas inerciales y Geométricas
- Definición de umbrales admisibles
- Metodología de análisis de información inercial geométrica
- Monitoreos Geotécnicos
- Modelaciones Numéricas
- Comentarios Finales

OBJETIVO

Compartir a la industria las acciones requeridas para mantener operativa la tubería del Oleoducto Central de una manera segura y confiable, mediante el control de la amenaza clima y fuerzas externas con un alto componente geotécnico, mediante el análisis conjunto de información de herramientas inteligentes, monitoreo geotécnico y modelaciones numéricas.



¿QUIEN ES OCENSA?



Es el oleoducto más extenso, relevante y con mayor capacidad del país.

836 KILÓMETROS de ducto subterráneo y 12 KILÓMETROS de tubería submarina.

A los 2.970 metros sobre el nivel del mar, en la Cordillera Oriental, está localizado el punto más alto del sistema.

10 estaciones de bombeo

1 estación de control de presión

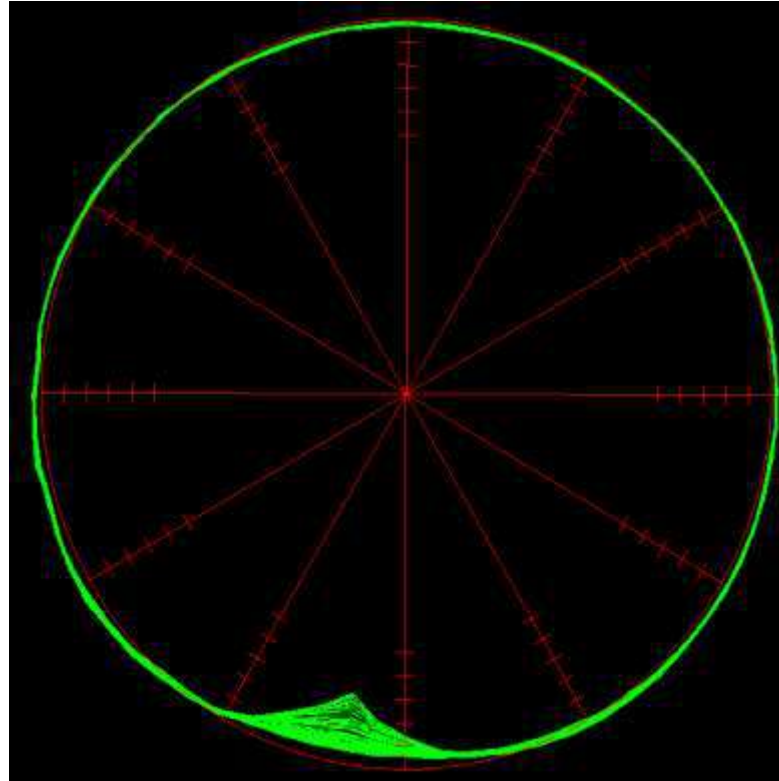
19 TANQUES con capacidad de almacenar 5 MILLONES de barriles de crudo.

ACCIONISTAS: CENIT (72, 6%) , ADVENT INTERNATIONAL (22, 4%) Y DARBY PRIVATE EQUITY (5,0%)

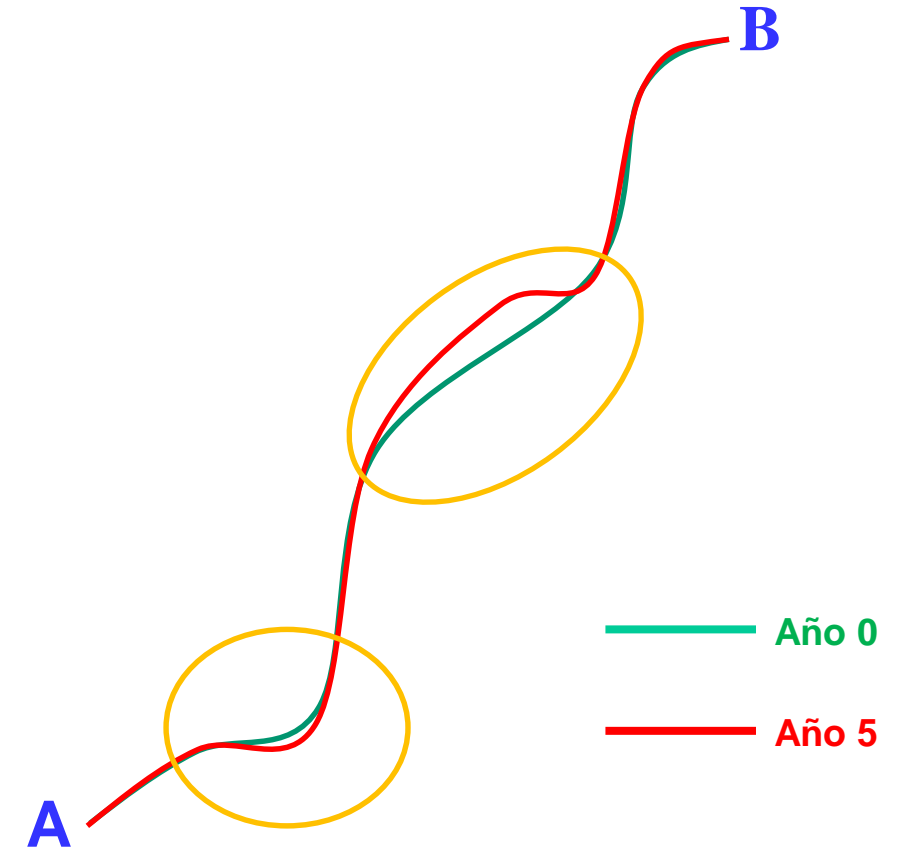
HERRAMIENTAS INERCIALES Y GEOMETRICAS



Herramientas Geométricas e
inerciales*

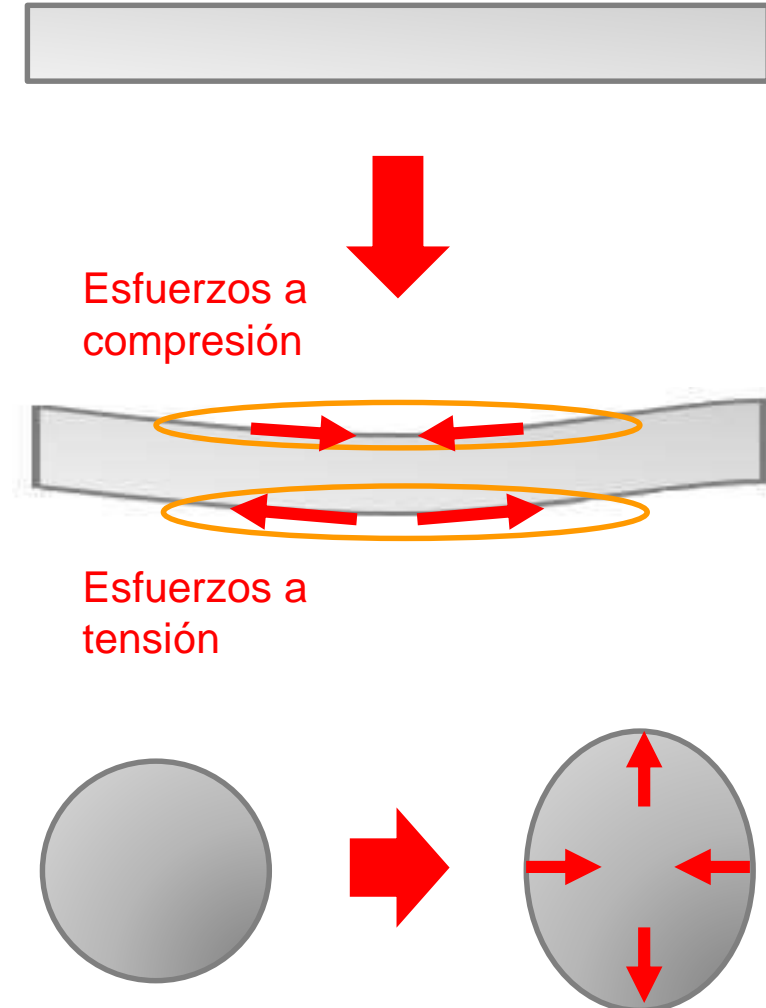


Visualización de anomalías
geométricas*



* Fuente: Baker Hughes, software Geodisplay, Internet

DEFINICIÓN DE UMBRALES ADMISIBLES



DEFINICIÓN DE UMBRALES ADMISIBLES

Para la determinación de los umbrales de deformación para cada línea de OCENSA, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Diámetro de la tubería, **D**.
- Espesor de pared, **t**.
- Relación D/t
- SMYS, **E**.
- Presión máxima de operación, **P max**.

Se determinó el límite inferior de deformación a compresión con la relación empírica de Gresnigt.

$$e_{crit} = \sqrt{\frac{t}{D} - 0,0025 + 3000 \left(\frac{PD}{2Et} \right)^2}$$

El límite superior a tensión se le estableció un valor de 10000 μ strains.

Acciones a ejecutar dependiendo de los niveles de deformación obtenidos:

Acciones de mitigación **inmediatas:**

- Reducción de presión de la línea
- Reducción en los niveles de esfuerzos de la tubería (excavación para liberación de esfuerzos, cambio de tubería).

Nivel de Emergencia a Tensión o Compresión

Acciones de mitigación **a corto plazo:**

- Reducción en los niveles de esfuerzos de la tubería (excavaciones para liberación de esfuerzos)
- Monitoreo topográfico y por galgas de deformación

Nivel admisible a tensión o compresión

Monitoreo de la condición:

- Reducción en los niveles de esfuerzos de la tubería (excavaciones para liberación de esfuerzos)
- Monitoreo topográfico y por galgas de deformación.
- Revisión de niveles de deformación próximo IMU

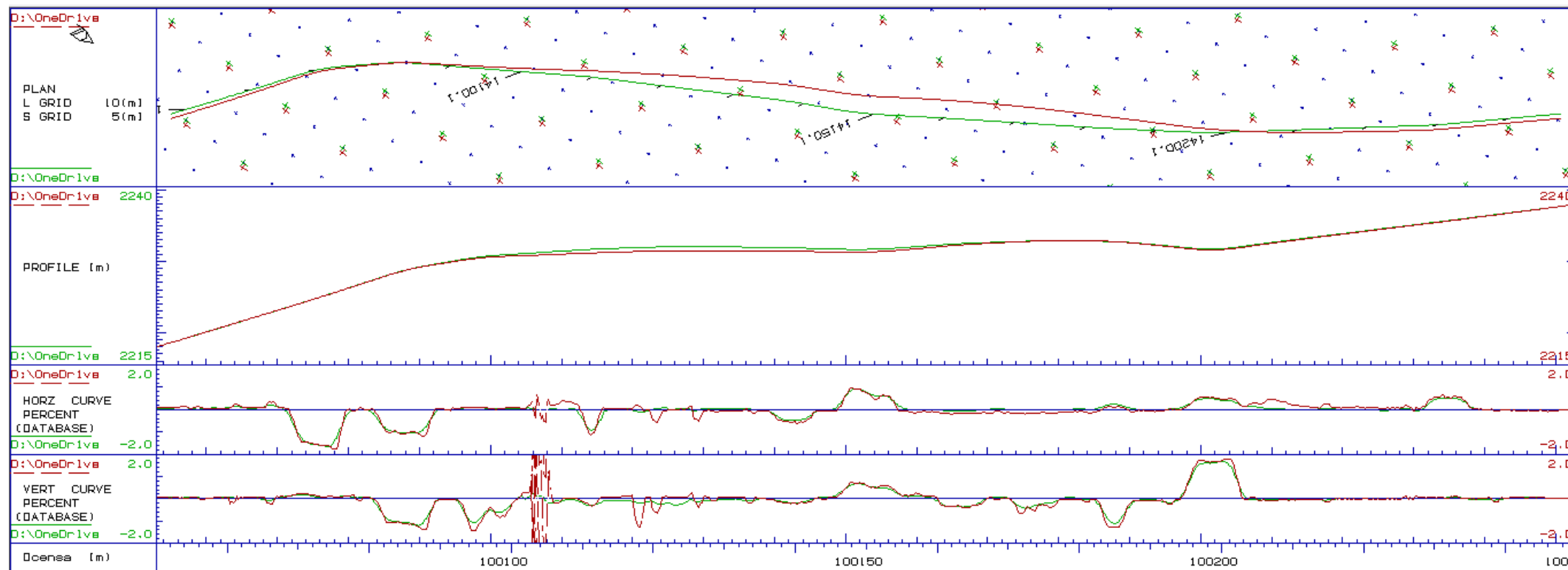
% de Deformación

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS IMU&GEO



METODOLOGÍA DE ANÁLISIS IMU&GEO

Comparación de inspecciones entre diferentes periodos de tiempo



Vista planta

Vista perfil

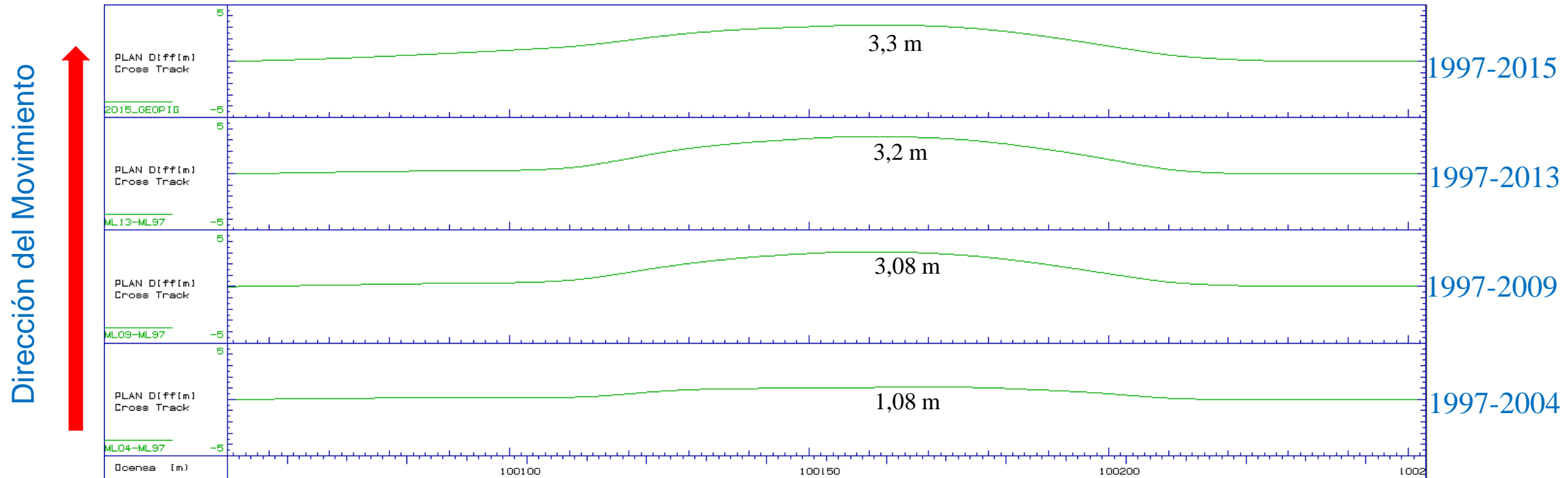
%e Horizontal

%e Vertical

— IMU 97
— IMU 15

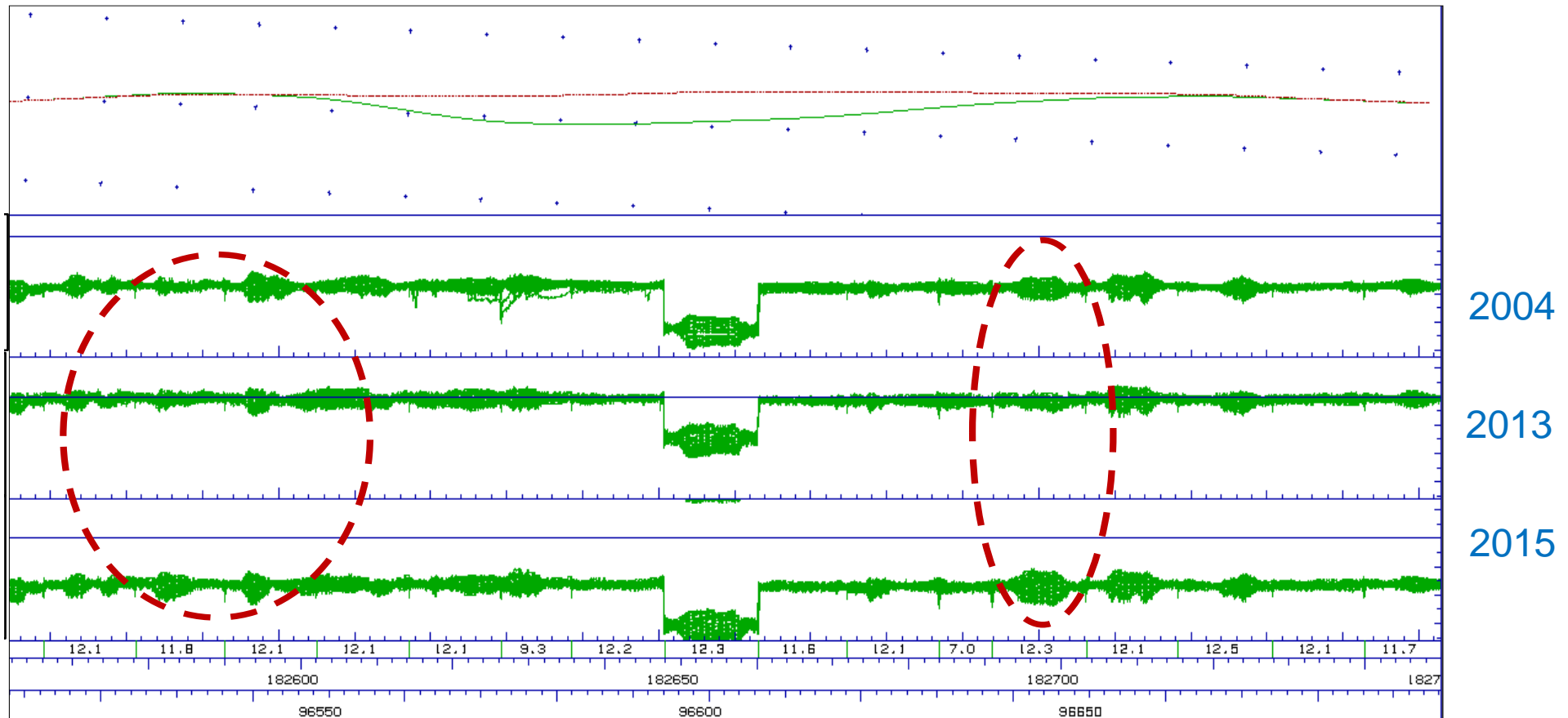
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS IMU&GEO

Comparación de inspecciones entre diferentes periodos de tiempo (Desplazamiento)



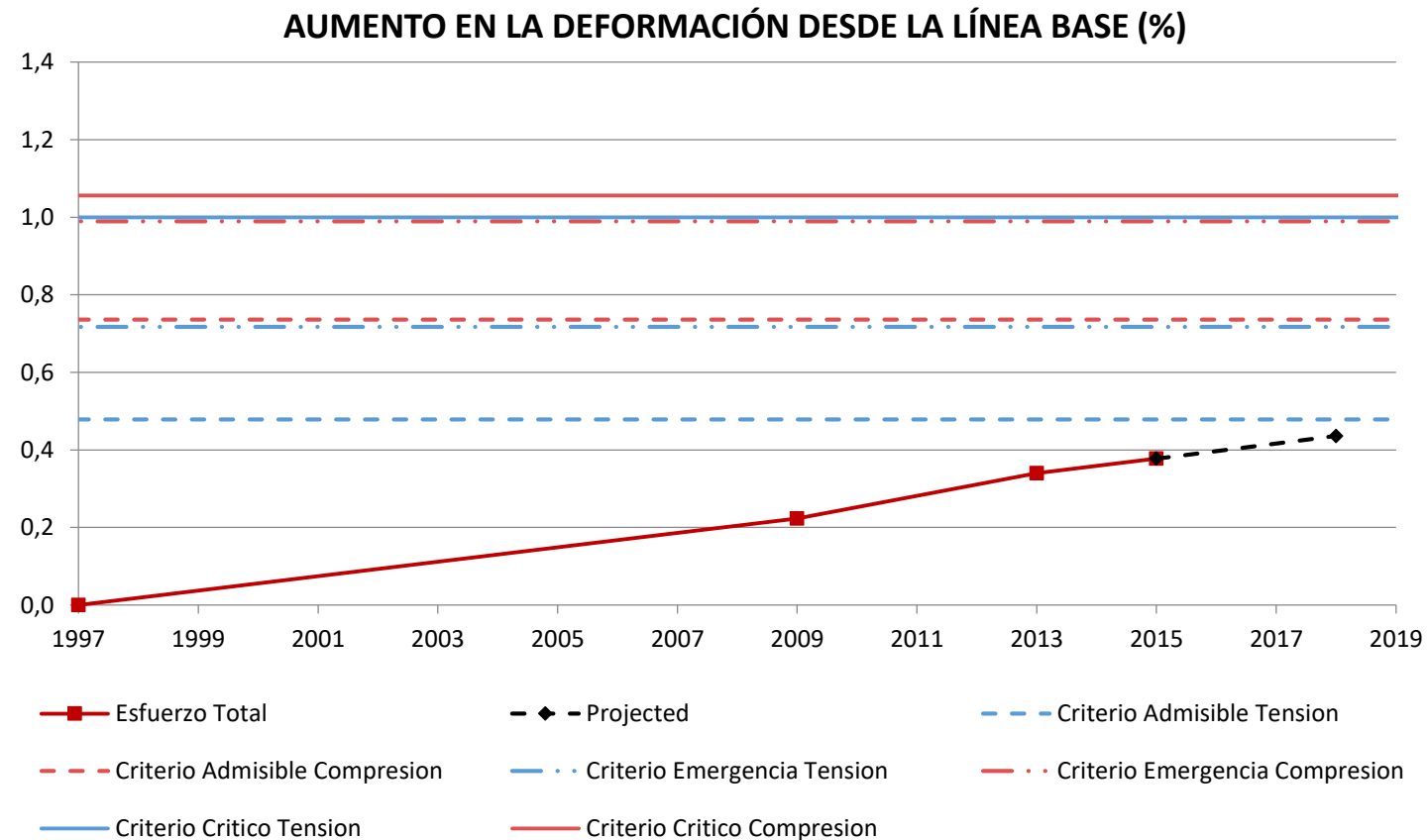
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS IMU&GEO

Comparación de inspecciones entre diferentes periodos de tiempo (Geometría)



METODOLOGÍA DE ANÁLISIS IMU&GEO

Seguimiento a históricos de crecimiento en deformaciones de la tubería entre inspecciones.



MONITOREO CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS

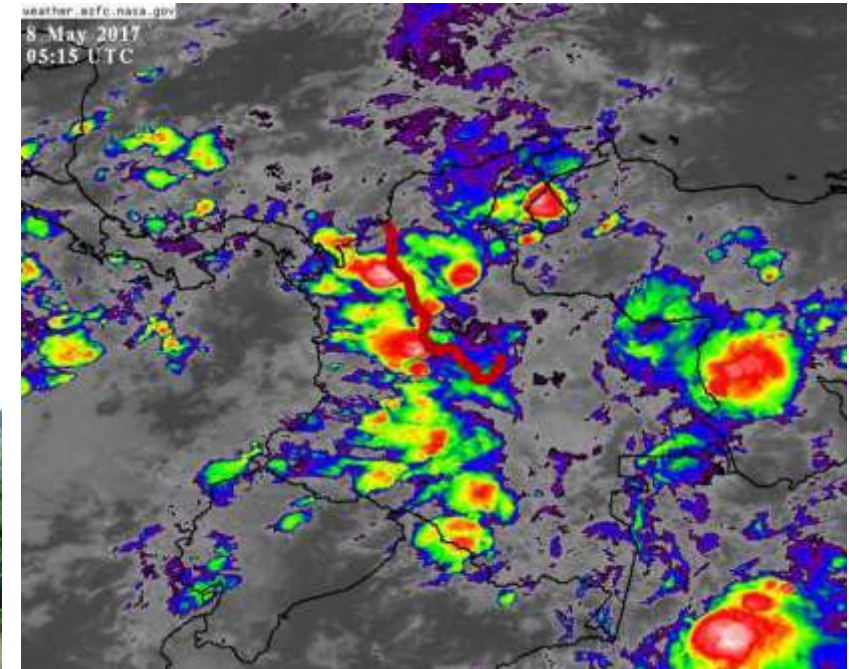


Recorrido
Terrestre



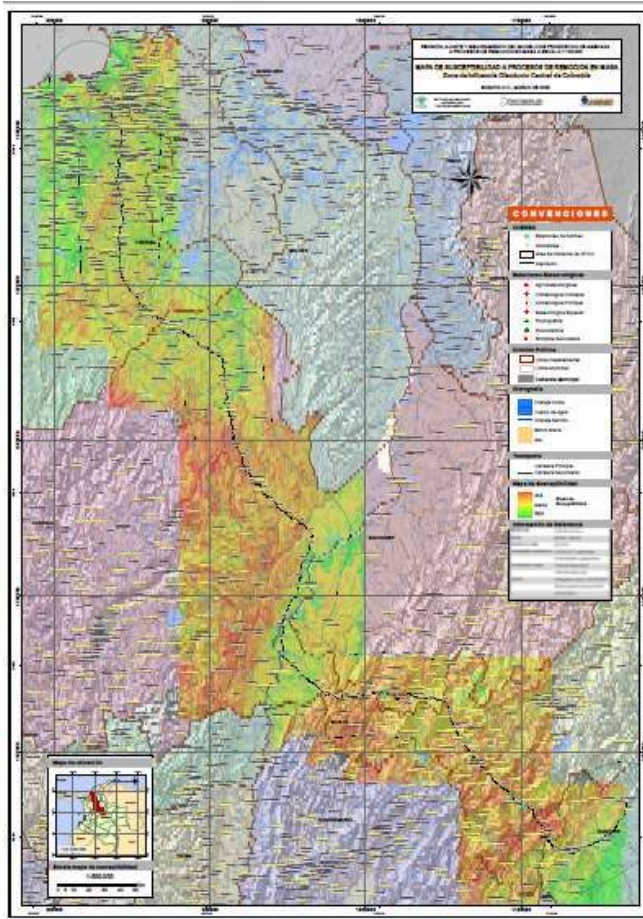
Recorrido Aéreo

Monitoreo
Topográfico

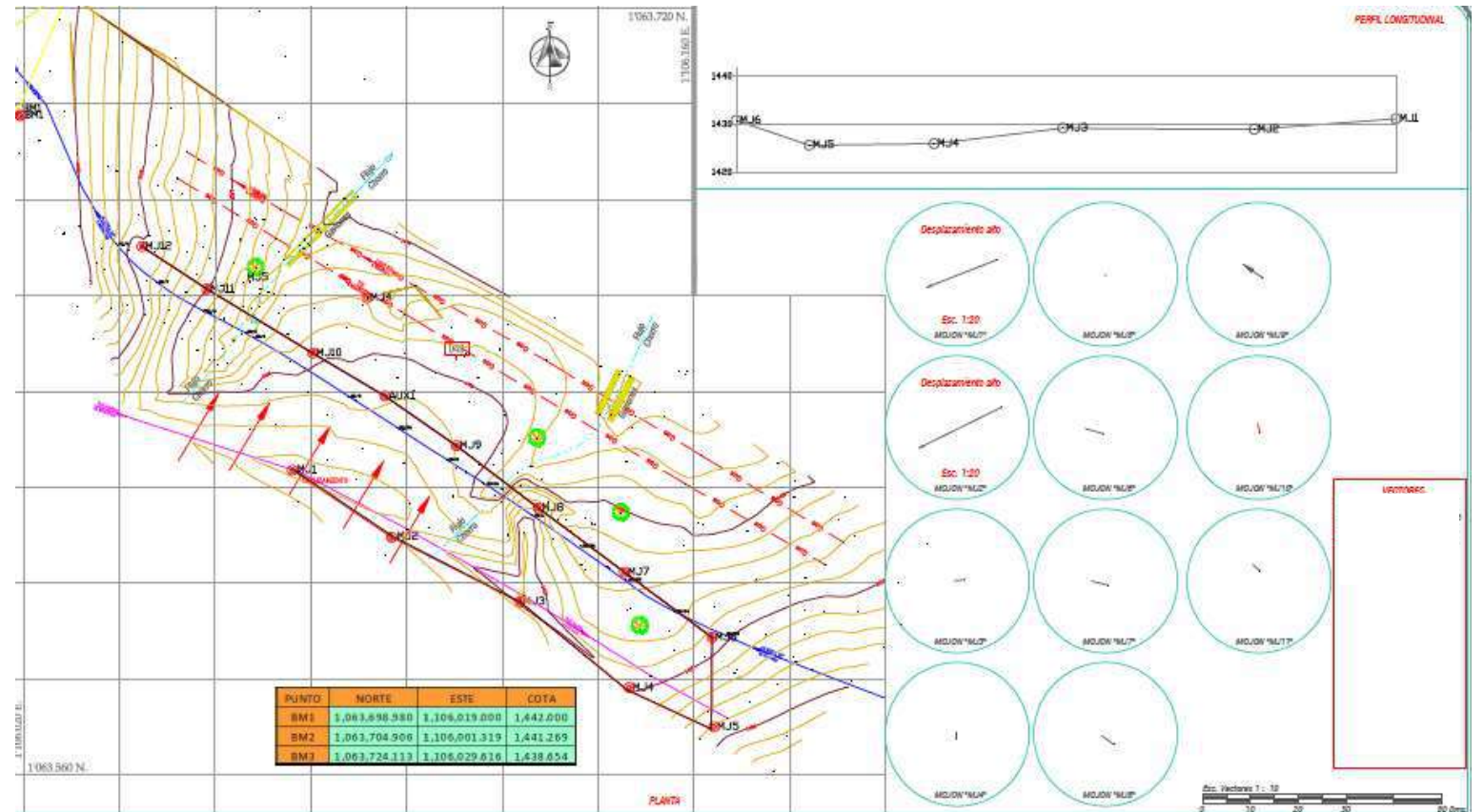


Monitoreo
Meteorológico

MONITOREO CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS



Mapa Susceptibilidad al
Deslizamiento OCENSA



Vectores de Desplazamiento
del Terreno

CORRELACIÓN ENTRE SUELO Y TUBERÍA

- Parámetros relevantes de tubería:

- Módulo Elástico (E);
- Diámetro (D);
- Espesor (t);
- Inercia (I)
- Profundidad (d);
- Radio de curvatura (R);
- Presión de operación (OP);

Criterios Deformación
Mecánica

**Herramientas
Inerciales (ILI)**

- Parámetros relevantes de suelo:

- Módulo Elástico (E);
- Cohesión (c);
- Ángulo de Fricción (ϕ)

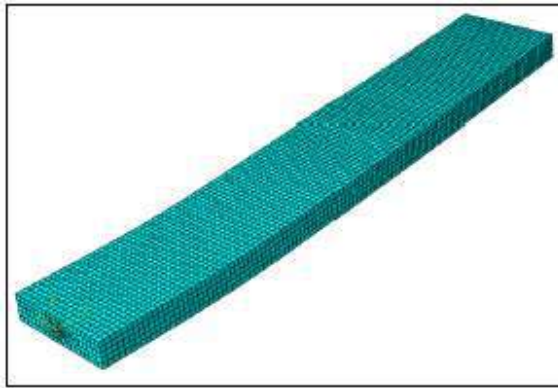
Criterios Desplazamiento
Terreno

Monitoreo Topográfico

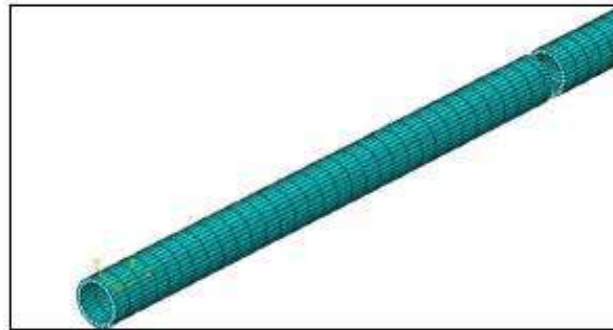
**Escaza correlación
entre criterios**

MODELOS INTERACCIÓN SUELO-TUBERÍA

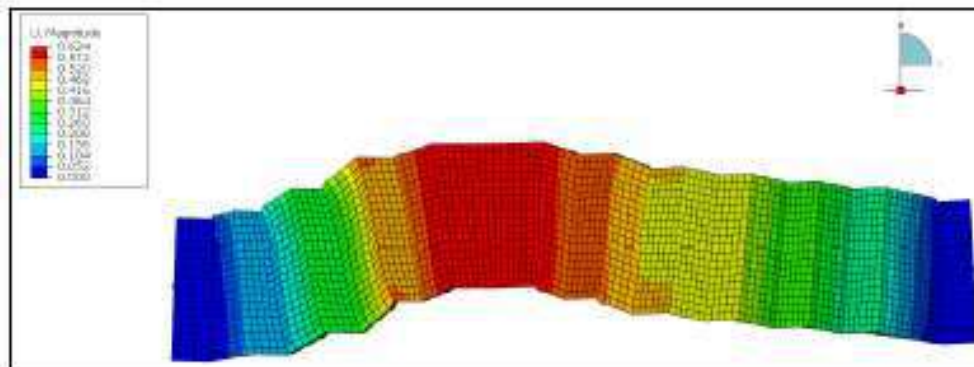
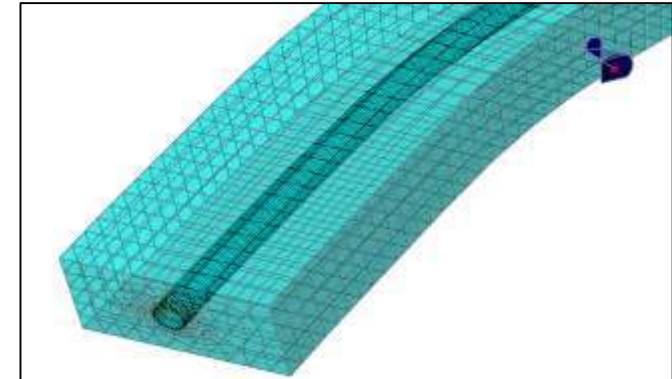
Los modelos numéricos de interacción suelo tubería, mediante la utilización del Método de Elementos Finitos (FEM), permiten determinar la deformación unitaria de la tubería, asociada al desplazamiento del terreno.



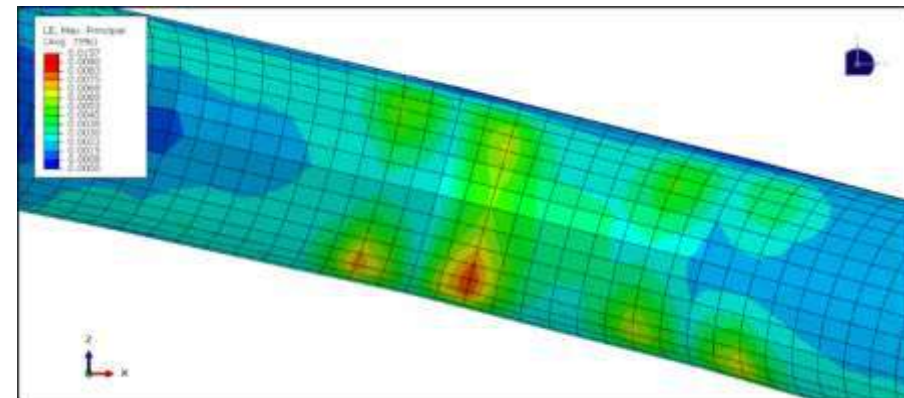
Modelo suelo



Modelo tubería



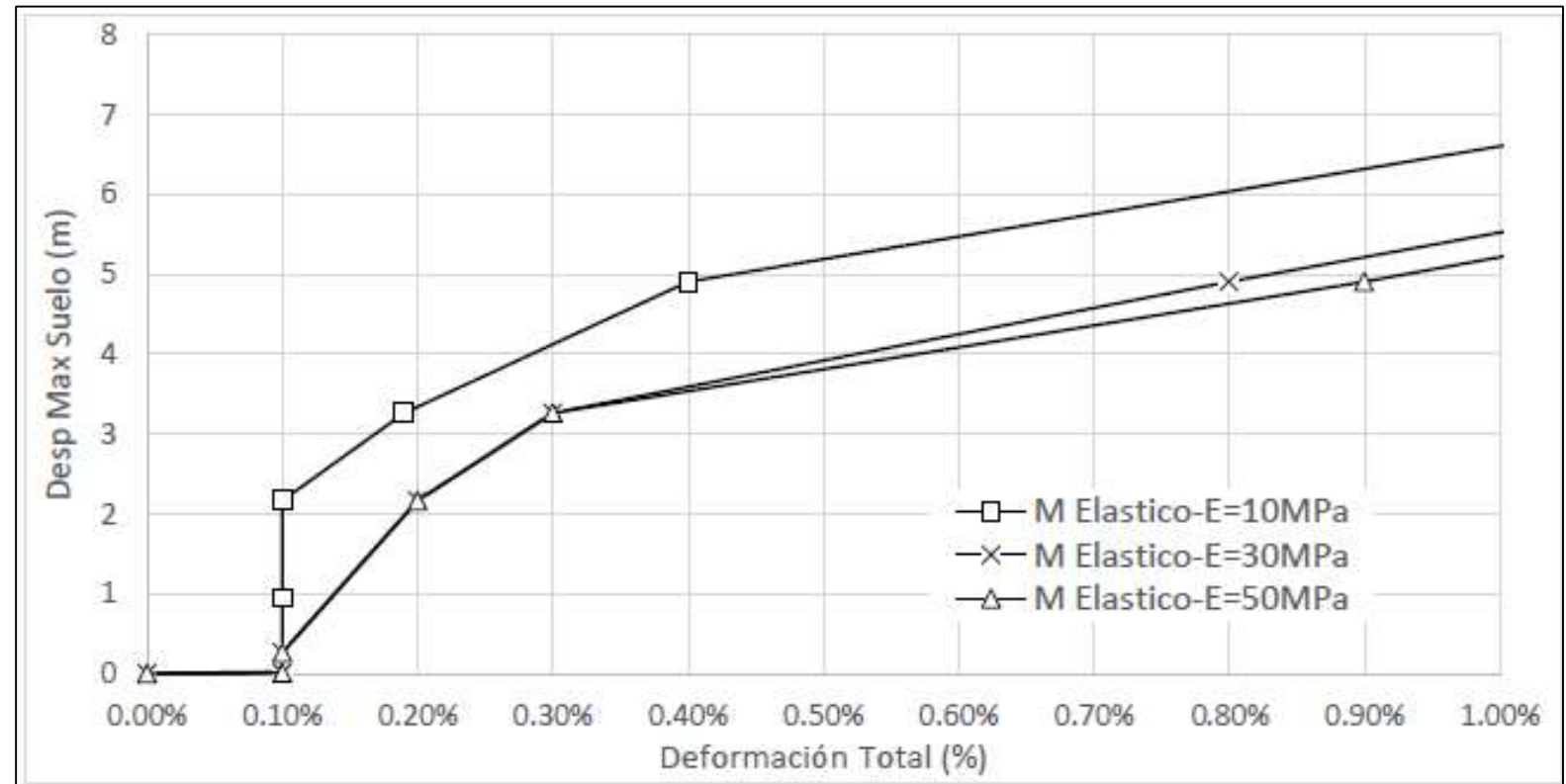
Campo de desplazamiento del suelo



Resultado: Deformación Unitaria del ducto

ÁBACOS DE INTERACCIÓN SUELO-TUBERÍA

- ✓ Los ábacos permiten realizar una aproximación al nivel de deformación de la tubería (eje X), en función al desplazamiento medido del terreno (eje Y);
- ✓ Salida gráfica de interacción entre diferentes rigideces (suelo-tubería);
- ✓ Los modelos se calibran con el reporte de la corrida ILI inercial;
- ✓ Son una herramienta útil para el área de Integridad de OCENSA, que proporcionan elementos de juicio y facilitan la toma de decisiones.



COMENTARIOS FINALES

- OCENSA ha implementado ampliamente el Método de Elementos Finitos en diferentes sitios de inestabilidad geotécnica con afectación sobre el alineamiento del oleoducto.
- Las modelaciones de Elementos Finitos han servido como validadoras del alto nivel de confiabilidad de la utilización de herramientas inteligentes para la determinación de desplazamientos y deformaciones de la tubería, asociadas a la inestabilidad geotécnica.
- Los adecuados procesos de análisis en cada una de las fases descritas, así como la correcta parametrización y correlación de las variables que las caracterizan, han permitido realizar la toma de decisiones acertadas, con el fin de preservar la Integridad del Oleoducto.
- A raíz de lo anterior, se han desarrollado planes de mantenimiento, reparación y monitoreo acorde con las condiciones reales del oleoducto en términos de esfuerzo y deformación, con inversiones de capital proporcionales y una efectiva disminución del riesgo.

GRACIAS

