

Internal Corrosion Direct Assessment (ICDA) en la práctica: decisiones que impactan el riesgo y la integridad de activos

Decisiones Criticas en Integridad

Carlos A. Palacios T., M.Sc., Ph.D., P.D., NACE/AMPP Fellow

NACE/AMPP Chemical Treatment and Internal Corrosion Specialist

¿Por qué las metodologías de ICDA?



¿Como hago la evaluación de integridad si no tengo acceso a la tubería?

¿Como evaluó la efectividad del control de corrosión?

Que dilemma!



NACE → Métodos de Evaluación Directa

Kilómetros de ductos de transporte de crudo y gas

 United States	2,225,032
 Russia	259,913
 Canada	100,000
 China	86,921
 Ukraine	42,052
 Mexico	40,016
 Argentina	37,370
 Iran	36,509
 Germany	32,505
 Australia	31,258
 United Kingdom	29,167
 Algeria	24,679
 India	23,663



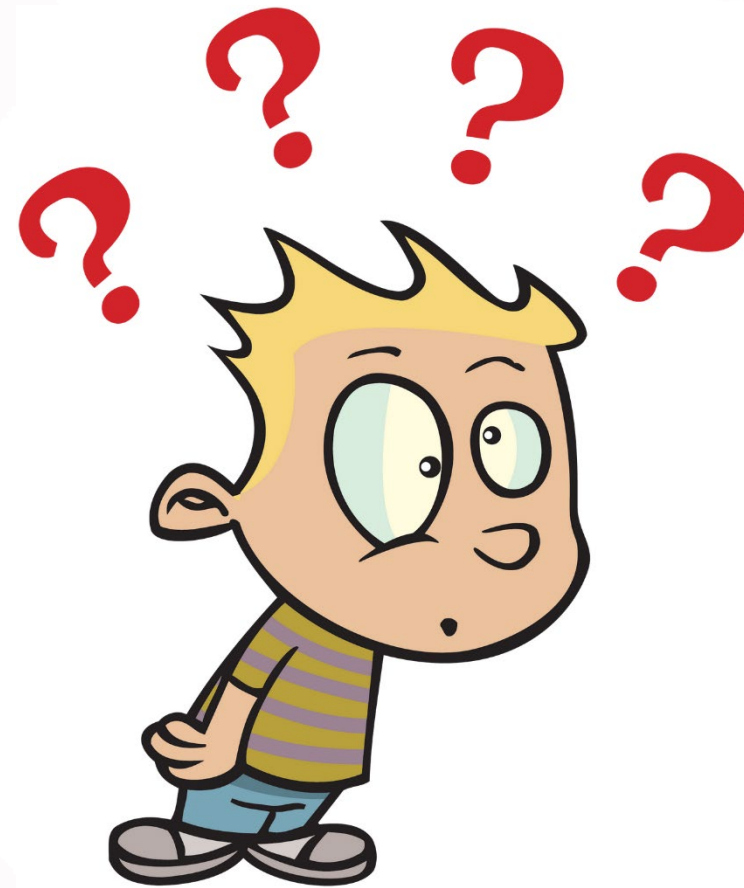
No incluye ductos “upstream”

100 veces alrededor de la Tierra!!

Se estima que el 70% de los ductos no son piggables (marraneables, chanceables, cochineables o **diablales)**

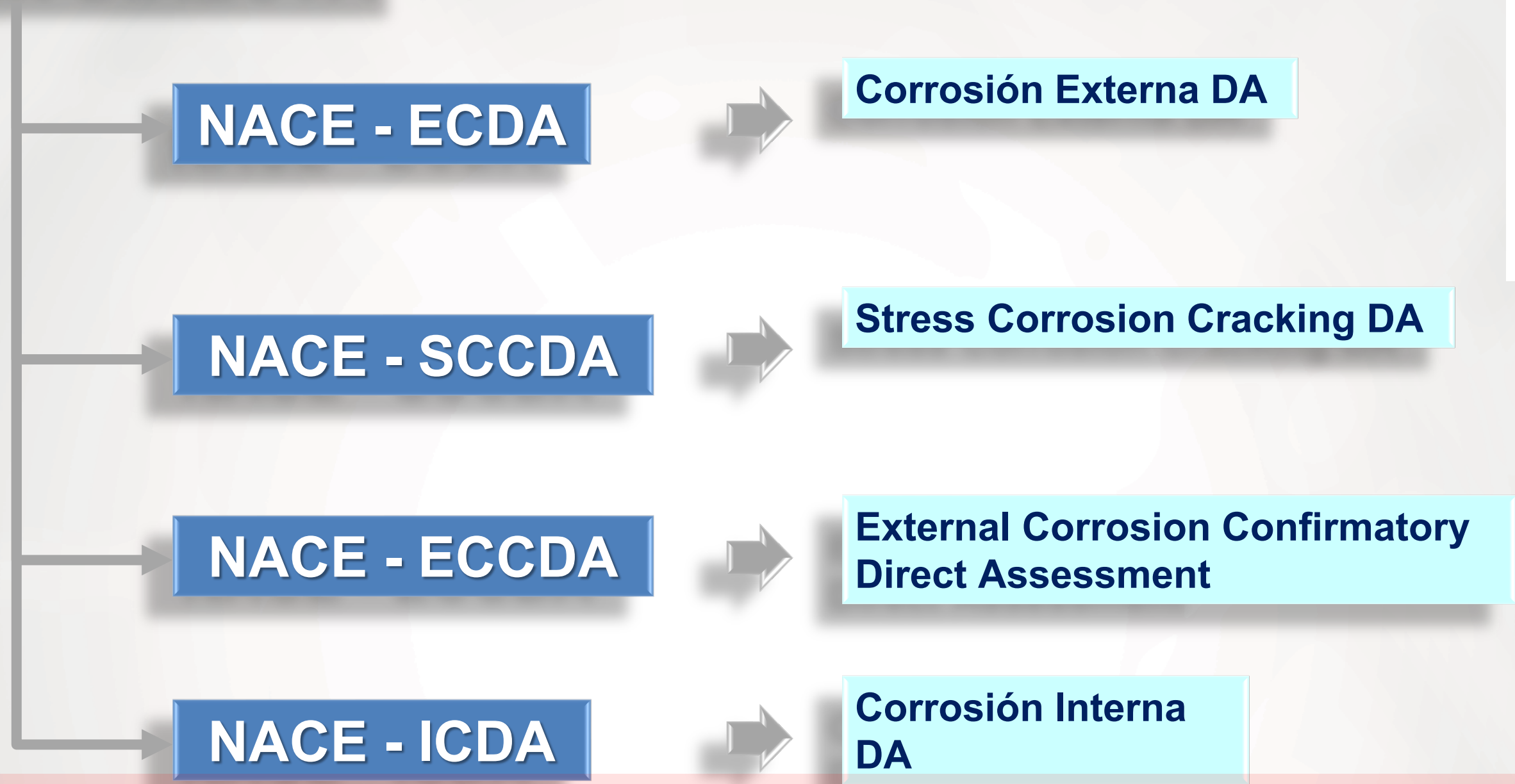
Como evaluamos la integridad de estos ductos?

¿Por qué las metodologías de ICDA?



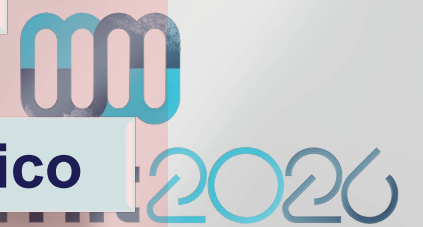
Historia e importancia al tema: Evaluación de Integridad de Activos

EVALUACION DIRECTA



METODOLOGIAS NO INTRUSIVAS QUE PERMITEN EVALUAR LA INTEGRIDAD DE ESTOS EQUIPOS

CORROSION INTERNA



Historia de ICDA

Año 2000 – Carlsbad New Mexico

DG-ICDA – SP0206 publicada en 2006



12 fallecidos



Ducto de Gas “Seco”

Año 2006 – BP Prudhoe Bay Alaska

LP-ICDA – SP0208 publicada en 2008 - < 5% BS&W



Ambiente



Ducto de Crudo “Seco”

Año 2010 – WG-ICDA SP0110



Sin incidencias asociadas

Año 2016 – MP-ICDA – SP0116



La mama de todas las ICDA



Desde el Yacimiento a Refinerias (no incluidas) – Incluye “piping” de plantas de procesamiento

WG-MP Methodologies have been implemented in fields in Venezuela in the 1990's



Carlsbad, New Mexico Pipeline Rupture

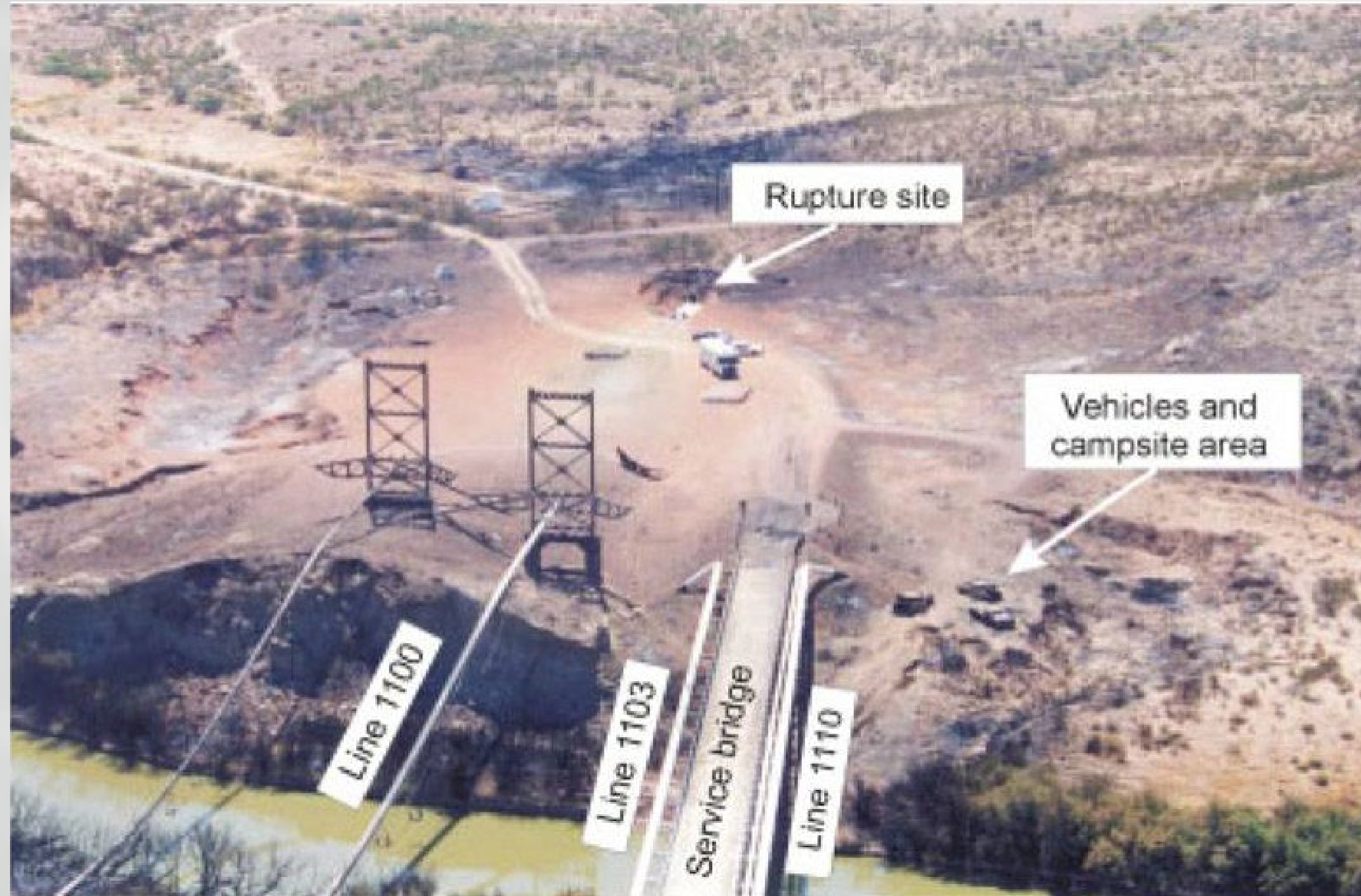
Ducto que transportaba “Gas Seco” – Como es posible que haya fallado?

No Agua – No Corrosion

Esto es lo que queremos evitar!!

Bola de fuego tras la ruptura de la tubería: fíjate en el soporte de 85 pies de altura las estructuras del puente colgante, a la izquierda de las llamas.

Carlsbad, New Mexico Pipeline Rupture



Estado de los Hidrocarburos

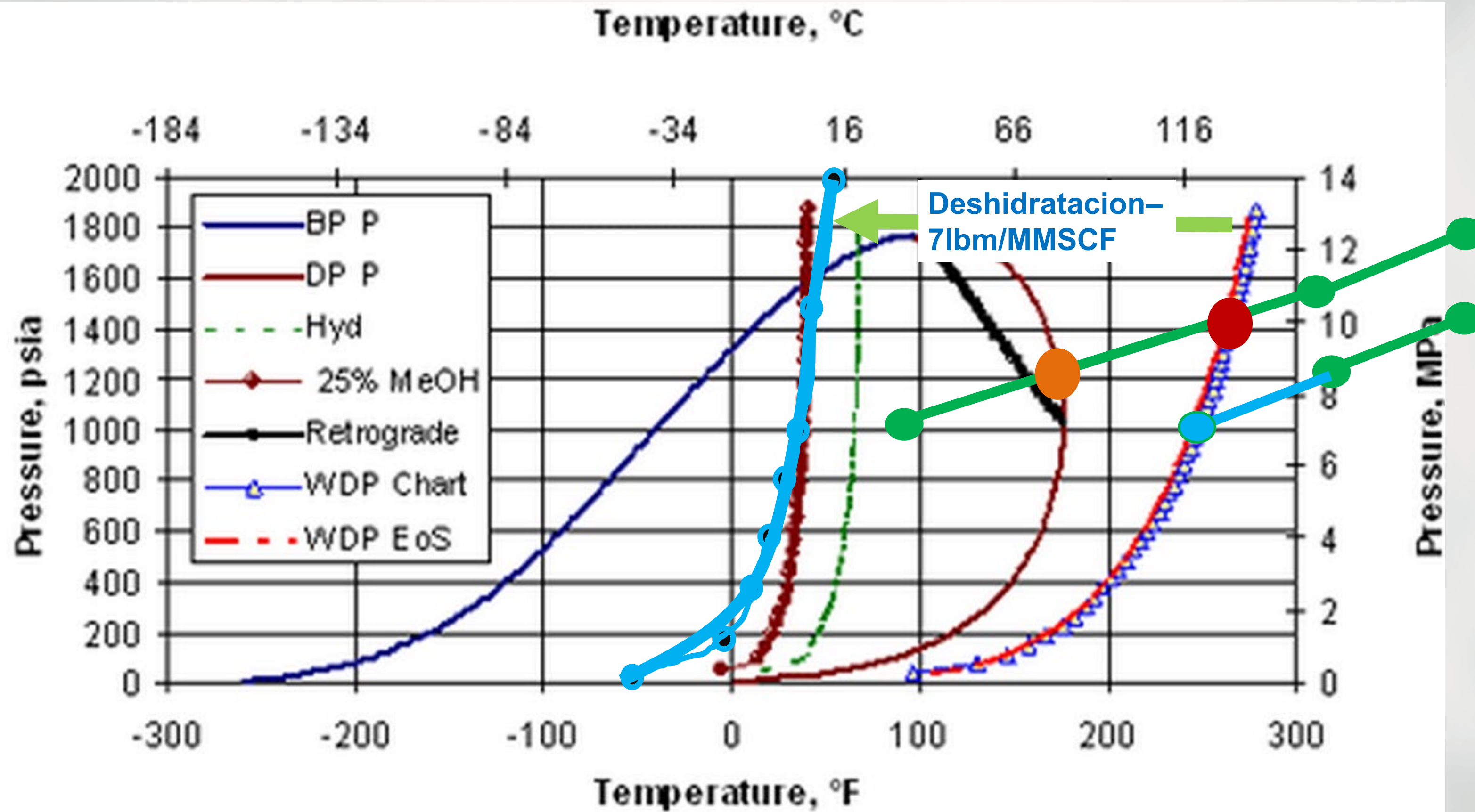


Figure 1. Water-Hydrocarbon phase behavior for mixture 1

Environmental Impact

“This month's North Slope oil spill was caused by corrosion in the transit line, according BP PLC officials. The corrosion may have been due to the water and sediments that are carried with the viscous oil, said company spokesman Daren Beaudou.” – Associated Press 03/23/2006

It was later determined the main cause was Microbiologically Influenced Corrosion (MIC)



.....Y Esto.....



.....Y Esto.....

Corrosion and Asset Integrity Management for Upstream Installations in the Oil & Gas Industry: The Journey of a Corrosion Integrity Engineer - See Life Experience!
Link: https://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss?url=search-alias%3Dstripbooks&qd_keywords=corrosion+and+asset+integrity



Comparación de Costos

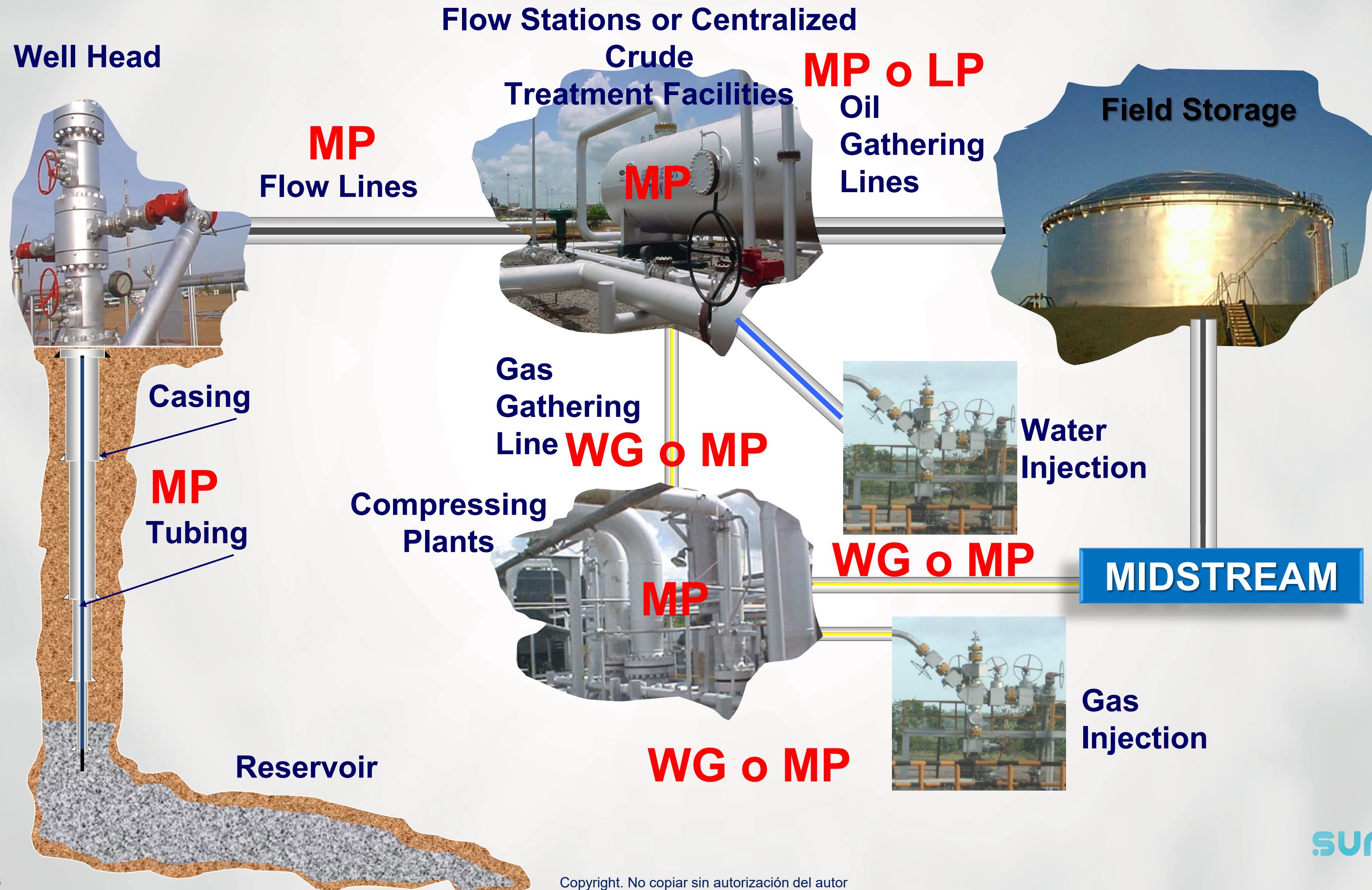
Cost Comparison of the Three Approved Inspection Techniques

Source: Appendix , Gas Liquid and Transmission Pipelines – Neil G. Thompson, PhD

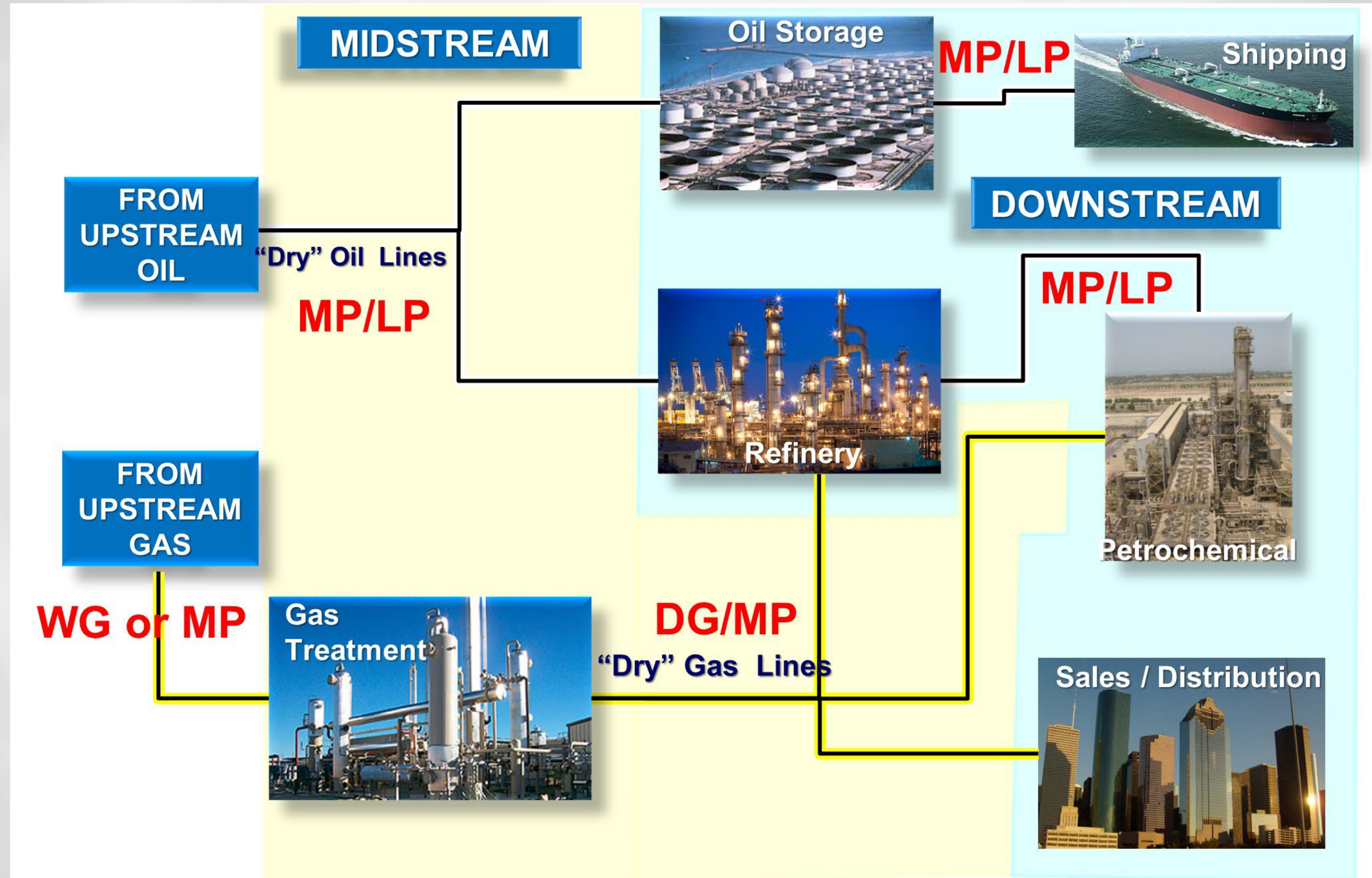
Inspection Method	Total Cost of Preparing all Pipelines in USA		Total Cost of Inspecting all Pipelines		Total	
	Low Estimate	High Estimate	Low Estimate	High Estimate	Low Estimate	High Estimate
	(\$*billion)		(\$*billion)		(\$*billion)	
ILI	9.72	32.57	1.58	2.41	11.3	34.98
Hydrostatic Testing	0.54	2.17	6.67	20.20	7.21	22.37
Direct Assessment	0	0	1.09	3.69	1.09	3.69

**Extracted from AMPP DA Course

Aplicación de Métodos de ICDA



Aplicación de Métodos de ICDA



Cuatro pasos fundamentales para todas las metodologías de DA

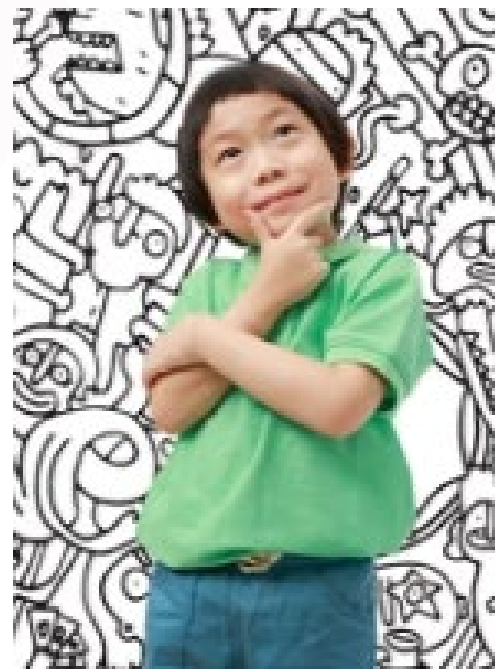
Paso 1.- Conocer el Paciente (Pre-Assessment)



El paso mas difícil!!

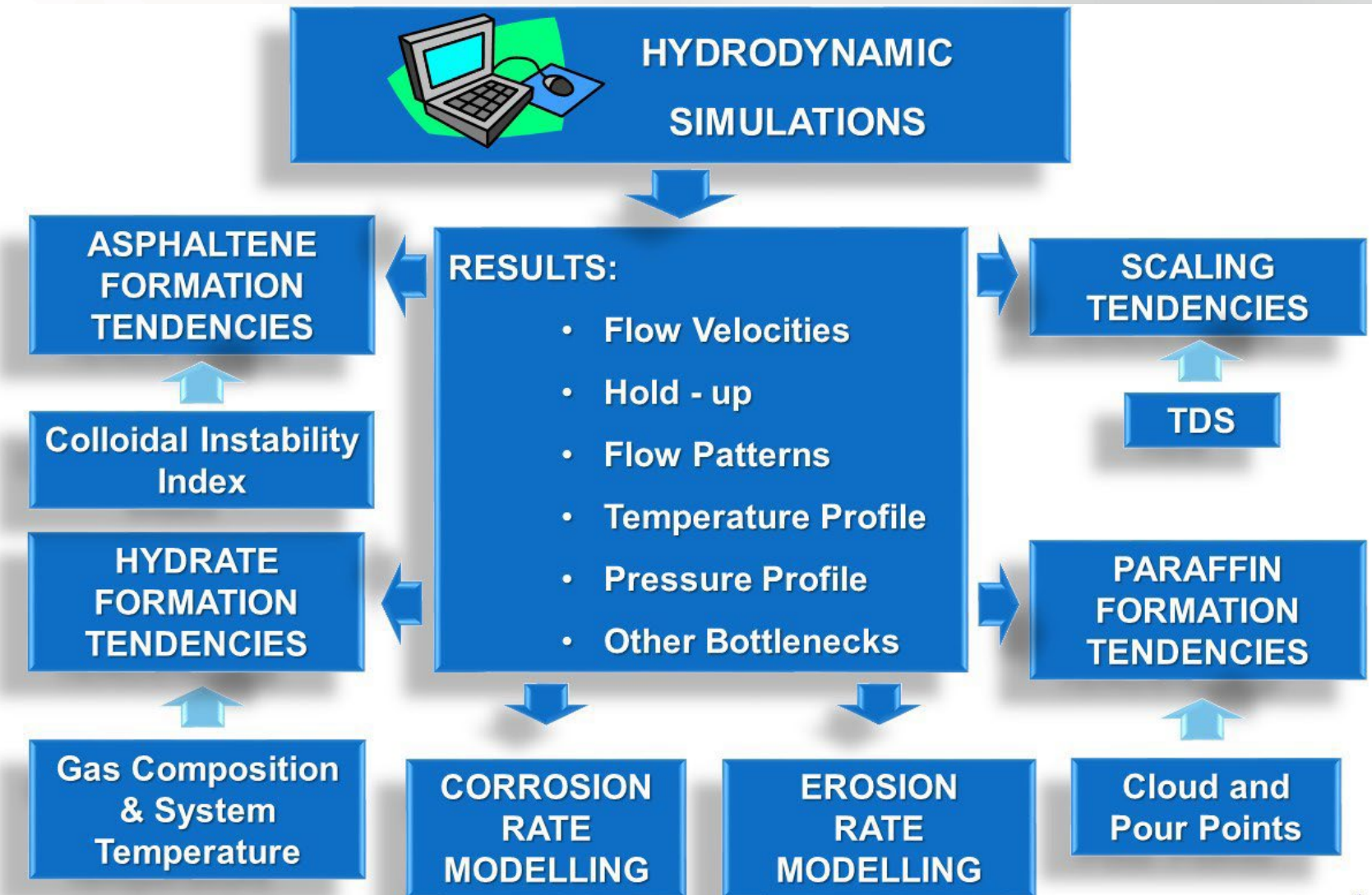
- Data no existe
- Data dispersa
- Data desaparece

Paso 2.- Predicciones (Indirect Inspection)



- Conocer el activo
- Experiencia
- Manejo de la Data
- Muestreo de fluidos
- Modelaje

- Modelos de flujo: PROSPER, HYSYS, PIPESYM, OLGA, CFD
- Modelos de Corrosión: Palacios
- Incrustación: Oddo&Tomson
- Modelos de Parafina, Asfaltenos, Emulsiones, Hidratos

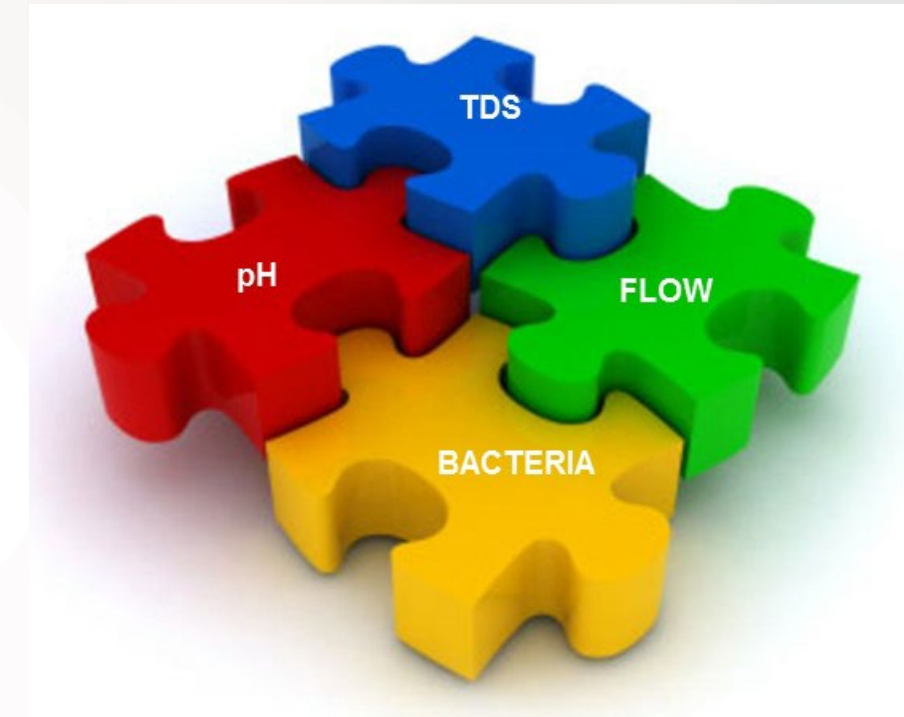


- Erosión?
- Corrosión?
- Erosión/Corrosión?
- FAC
- Determinar los efectos de depósitos orgánicos e inorgánicos en la C.I.
- Evaluar los efectos de microorganismos en la C.I.

Al realizar las estimaciones de corrosión deben considerar:

Factores que influyen la corrosión interna			
Temperature	Single Phase Flow Velocities	Steel Chemical Composition	Crude Properties
Pressure	Multiphase Flow Velocities	Steel Hardness	SARA Composition
pCO ₂	Flow Regimes	Steel Stresses	Paraffins
pH ₂ S	Suspended Solids/Sand	Wet Gas	Asphaltenes
pO ₂	Sand/Solid Deposition	Dry Gas	Hydrates
pH	Total Dissolved Solids	Gas Composition –	Wettability of the Crude Oil
Reynolds Number – Single Phase Flows	Steel Microstructure	Water Pipelines	Demulsification
Oil Viscosity	Bacteria	BS&W	Pipeline Geometry
Mitigation Effectiveness (Inhibition, Pigging, etc.)	Scaling Tendencies of the fluid	Human Factor	Pipeline Protrusions

36 factores!!!



$$\langle S_j^i S_{j+4}^i \rangle = \frac{1}{12} - \frac{16}{3} \zeta_a(1) + \frac{290}{9} \zeta_a(3) - 72 \zeta_a(1) \zeta_a(3) - \frac{1172}{9} \zeta_a(3)^2 - \frac{700}{9} \zeta_a(5) + \frac{4640}{9} \zeta_a(1) \zeta_a(5) - \frac{220}{9} \zeta_a(3) \zeta_a(5) - \frac{400}{3} \zeta_a(5)^2 + \frac{455}{9} \zeta_a(7) - \frac{3920}{9} \zeta_a(1) \zeta_a(7) + 280 \zeta_a(3) \zeta_a(7) = 0.034652776982728 \dots$$

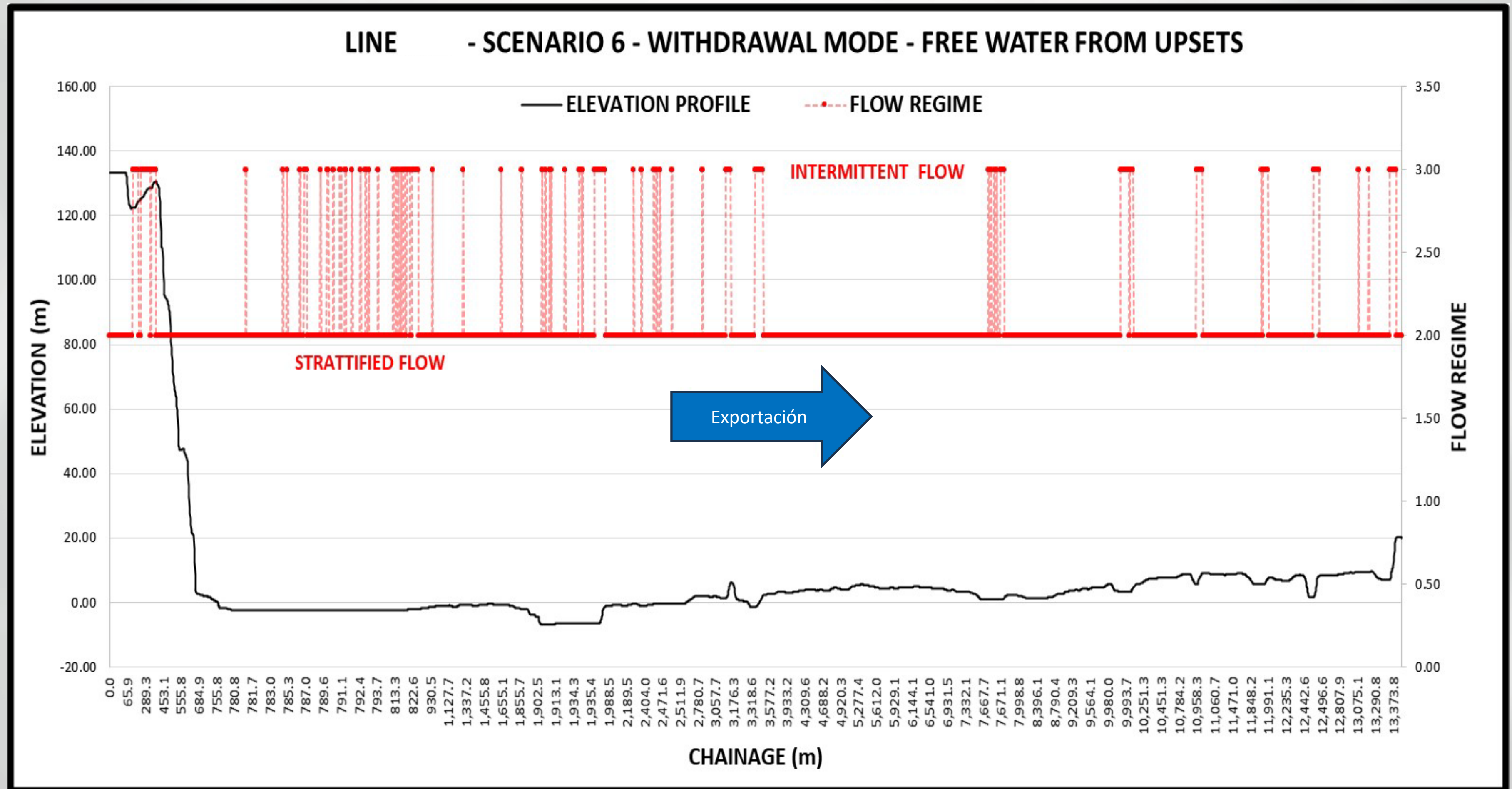


RESULTADOS DE MODELAJE DE FLUJO

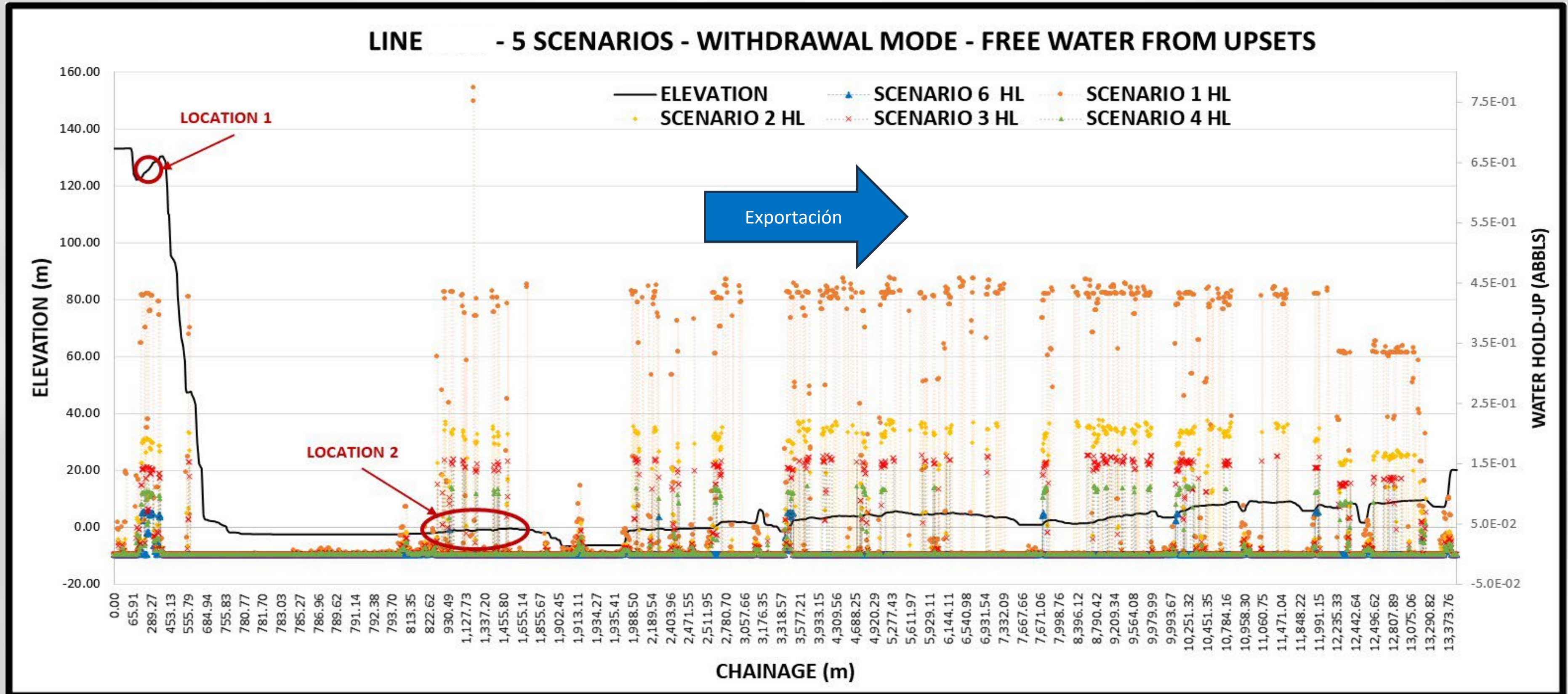
Ratas de Re-Absorción del Agua en Gas Seco

Scenario	Withdrawal with upsets			Withdrawal "Dry Gas"		
	Dry gas flow	Water to Gas Ratio (WGR)	Total Free Water Accumulated in the pipeline (Steady State)	Remaining Free Water per day	Water Absorbed per day	Time required for absorb all free water accumulated in Withdrawal Mode
	MMSCF/day	Gallons of water/MMSCF	ABBL	ABBL	ABBL	Day
A ¹	2.416032	5.0	402.9	401.2	1.7	237
B ¹	10.93004	5.0	338.1	336.3	1.7	194
1	19.63702	5.0	290.4	288.3	2.1	138.3
2	94.99075	5.0	104.8	94.7	10.1	10.4
3	142.1185	5.0	56.4	40.0	16.4	3.4
4	213.028	5.0	20.8	19.8	1.0	21 hours
5	262.321	5.0	9.1	7.8	1.3	7.1 hours
6	321.5073	5.0	4.4	3.0	1.4	3.2 hours
7	397.1213	5.0	4.2	2.4	1.8	2.3 hours
8	712.0002	5.0	0.3	0.0	0.3	< 1 hour

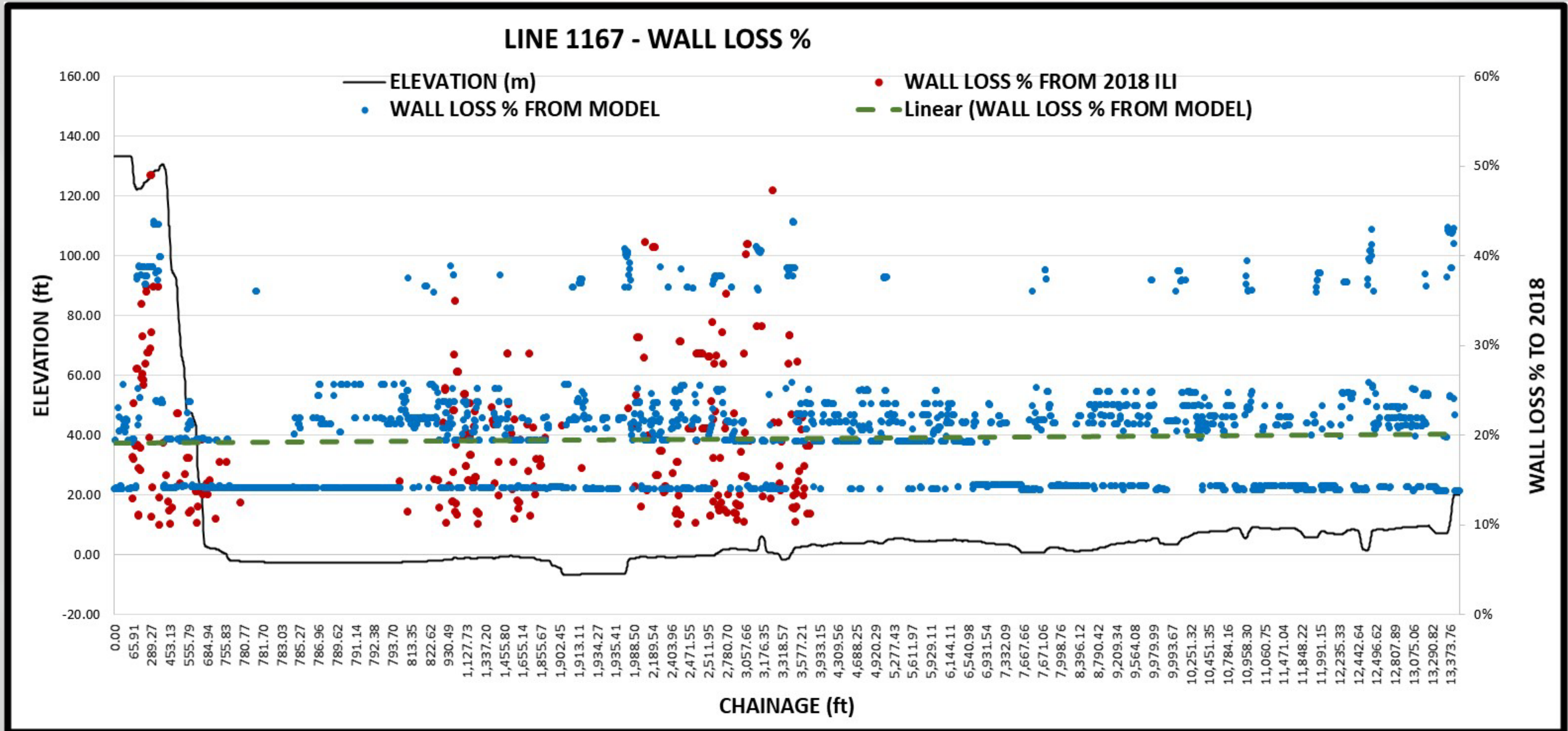
RESULTADOS DE MODELAJE DE FLUJO



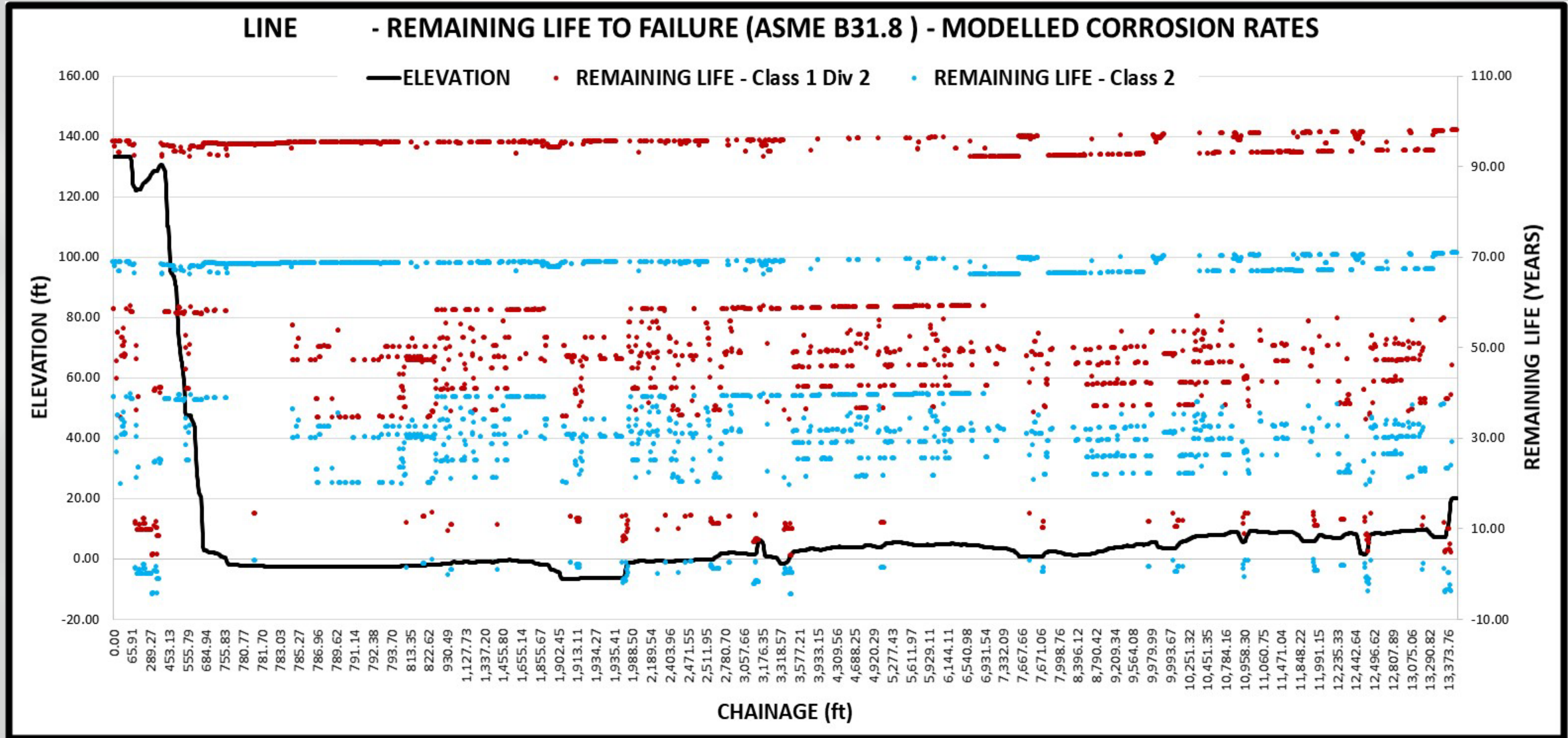
RESULTADOS DE MODELAJE DE FLUJO



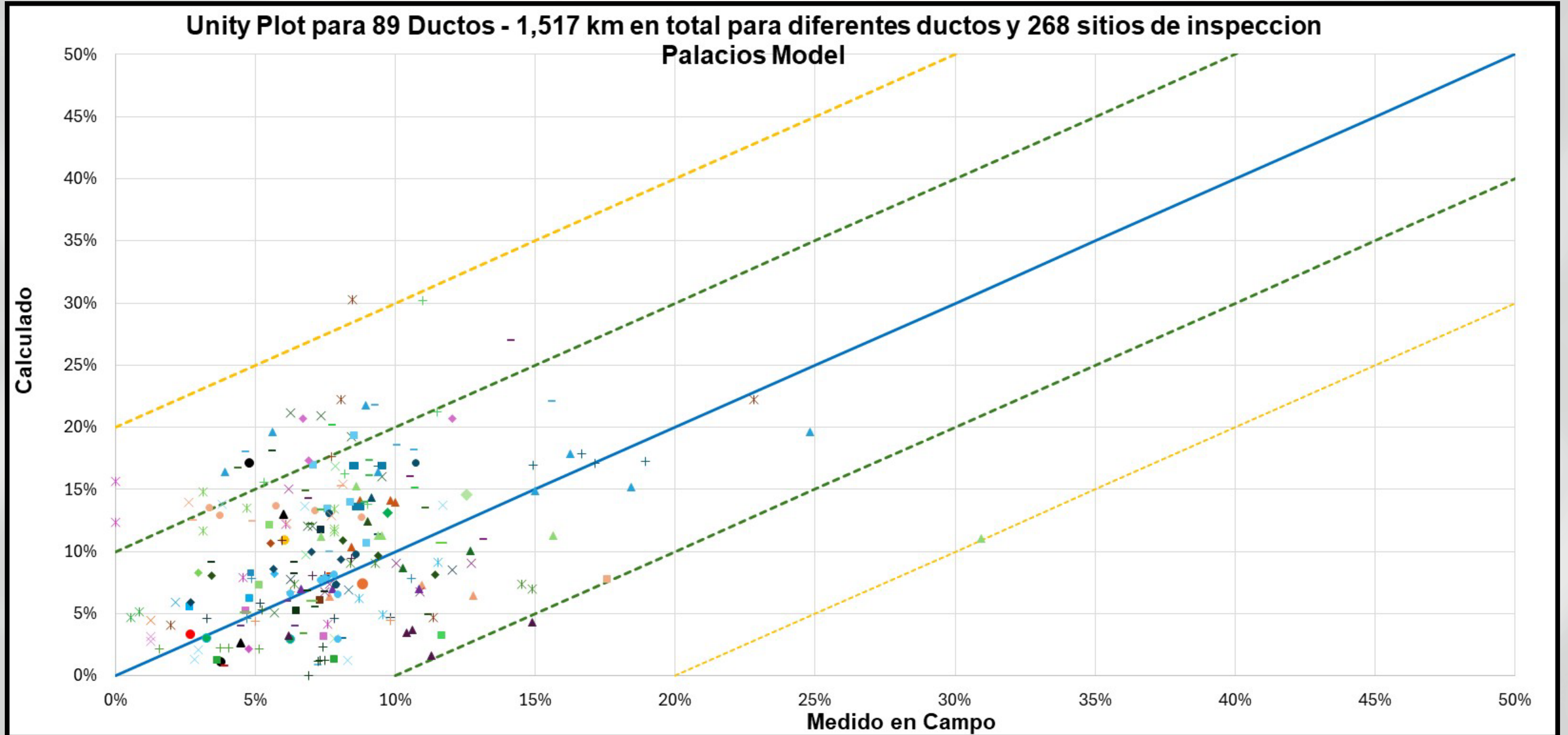
RESULTADOS DE MODELAJE DE FLUJO



EVALUACION DE VIDA REMANENTE



Perdidas de espesor predichas vs medidas en campo – Modelo Palacios



Cuatro pasos fundamentales para todas las metodologías de DA

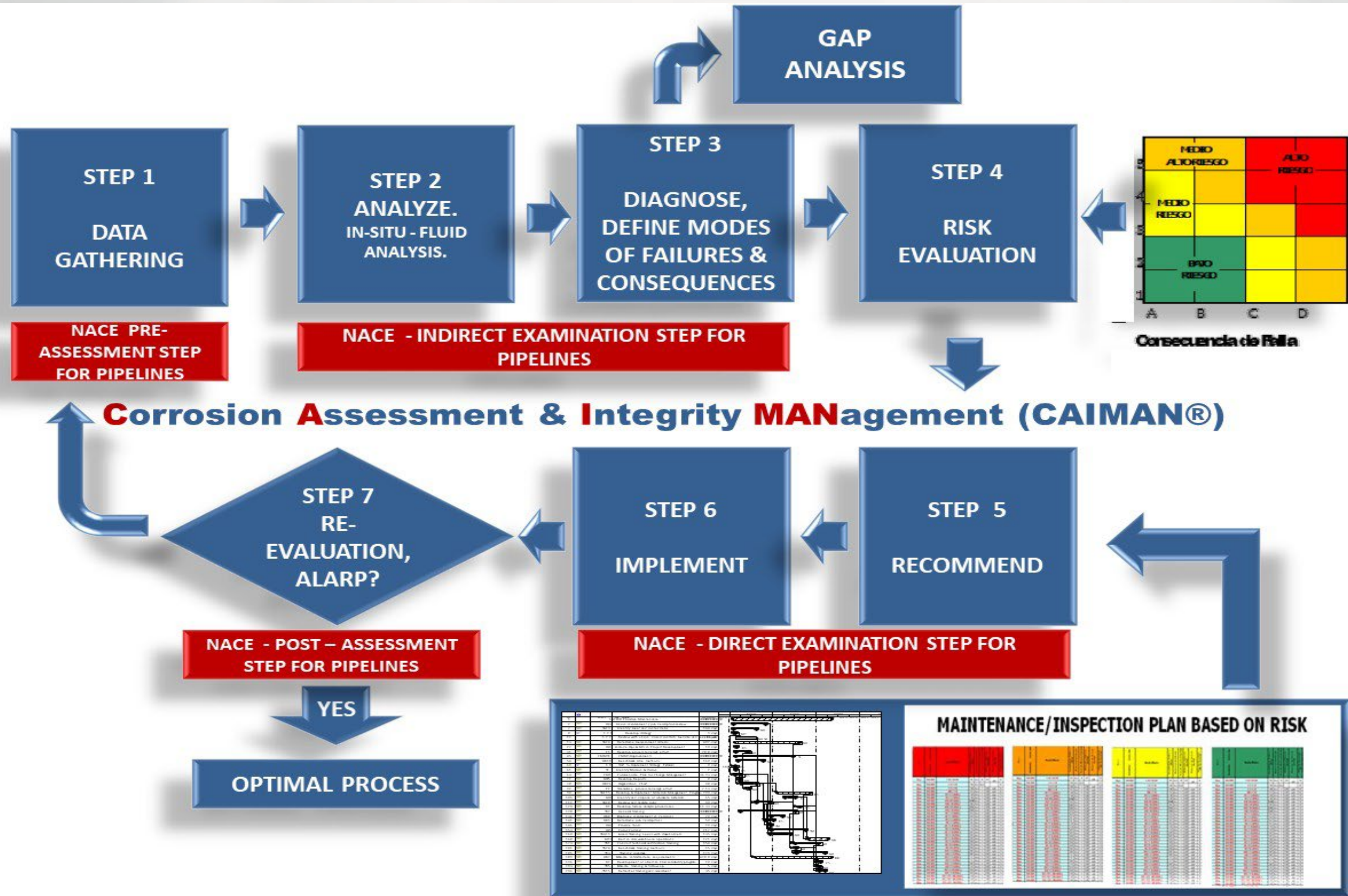
Paso 3
Direct Examination
Rayos X, Ultrasonido, MRI



Paso 4
Post Assessment

Próxima visita al medico
Cual es la salud del paciente
Que medicamentos tomar

CAIMAN®™ + ICDA



ICDA/CAIMAN CUANTIFICA EL RIESGO E INSPECCION DIRECTA

Pilar 1

Incertidumbre → riesgo cuantificable

Norma base: AMPP SP01 10 / SP01 16

Identifica

- Segmentos susceptibles a corrosión interna
- Ubicaciones críticas (hot spots)

Estima

- Probabilidad de falla (PoF)
- Velocidad de corrosión (mm/año)

CAMBIA DE:

POSIBLE CORROSION A

**IDENTIFICACION DIRECTA DE
CORROSION**

Pilar 2

Define dónde inspeccionar

Impacto directo en campo

Acciones

- Selección de excavaciones
- Ubicación de inspecciones directas
- Validación de modelos ($\pm 20\%$)

Decisión crítica

- Optimización CAPEX / OPEX
- Evitar inspecciones innecesarias

RESULTADO CLAVE:

IDENTIFICA ZONAS DE MAYOR RIESGO

ICDA – MITIGACION Y EVALUACION DE INTEGRIDAD

Pilar 3 Estrategia de mitigación

Resultados ICDA determinan:

Controles necesarios

- Inhibidores de corrosión
- Deshidratación
- Pigging
- Control de líquidos

Cambios operacionales

- Velocidad de flujo
- Presión
- Condiciones de fase

**DEFINE ACCIONES DE
MITIGACION Y DONDE
APLICARLAS**

Pilar 4 Evaluación de integridad

ICDA alimenta directamente:

Modelos

- Pérdida de espesor
- Vida remanente

Evaluaciones formales

- Fitness-for-Service (FFS)
- RBI / RBA

Decisiones resultantes

- Reparación
- Reemplazo
- Reducción de presión (derating)

Pilar 5

Cumplimiento regulatorio

Marco PHMSA

- ICDA es metodología aceptada
 - Resultados deben ser defendibles
-

Si se aplica mal:

- Subestimar riesgo
→ fallas
- Sobreestimar riesgo
→ costos innec.

Pilar 6

Enfoque multidisciplinario

ICDA integra:

- Hidrodinámica (holdup, régimen)
 - Termodinámica (condensación)
 - Química (CO₂, H₂S, O₂)
 - Operación (transientes)
-

→ *Decisiones sistémicas, no aisladas*

Pilar 7

Calidad de implementación

✓ Bien aplicado

- Zonas críticas correctas
 - Reduce fallas
 - Optimiza recursos
-

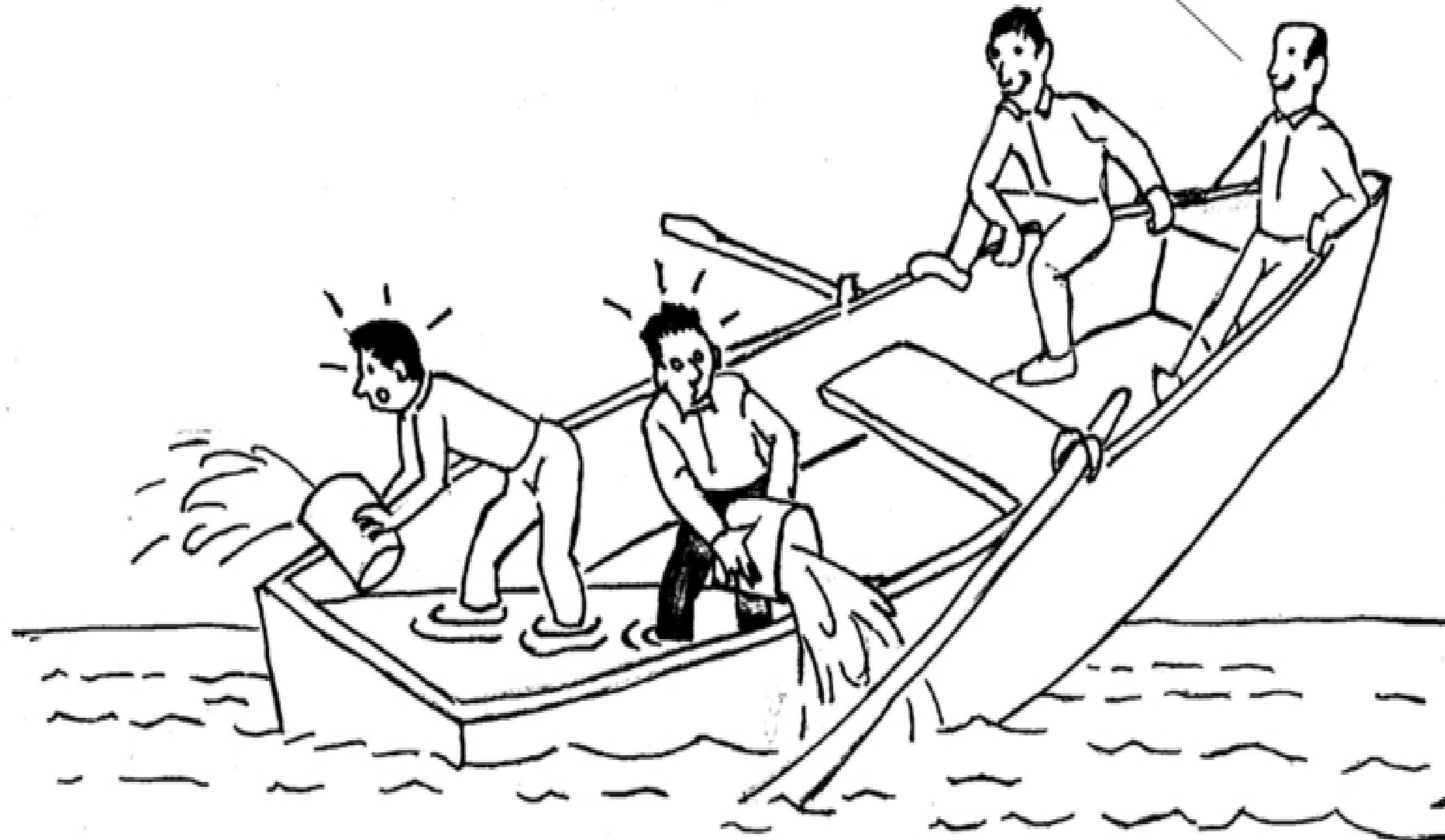
✗ Mal aplicado

- Falsos negativos
→ fallas inesperadas
- Falsos positivos
→ sobrecostos
- Mala ubicación de inspecciones

La Gestión de Integridad es un Esfuerzo de Equipo

Después de todo, estamos en el mismo bote

Feliz que no estoy de ese lado!



Lectura Recomendada – Disponible en Amazon

CORROSION AND ASSET INTEGRITY MANAGEMENT FOR UPSTREAM INSTALLATIONS IN THE OIL/GAS INDUSTRY



The Journey of a Corrosion/Integrity Engineer
Real Life Experiences

Carlos Alberto Palacios Tenreiro, B.Sc., M.Sc, Ph.D., P.D.

CORROSION AND ASSET INTEGRITY MANAGEMENT FOR UPSTREAM INSTALLATIONS IN THE OIL/GAS INDUSTRY



The Journey of a Corrosion/Integrity Engineer
Real Life Experiences

Carlos Alberto Palacios Tenreiro, B.Sc., M.Sc, Ph.D., P.D.

02-06-2026

Pendiente de los próximos cursos de AMPP Colombia:

- Evaluación Directa
- Corrosión Interna 1 y 2
- PCIM – Pipeline Corrosion Integrity Management
- ILI
- Protección Catódica 1, 2, 3, 4

**Gracias por su amable
atencion, Preguntas?**



Organizan:

 **AMPP**
CHAPTER COLOMBIA

 **ACICOR**
Asociación Colombiana de Ingenieros de Corrosión