



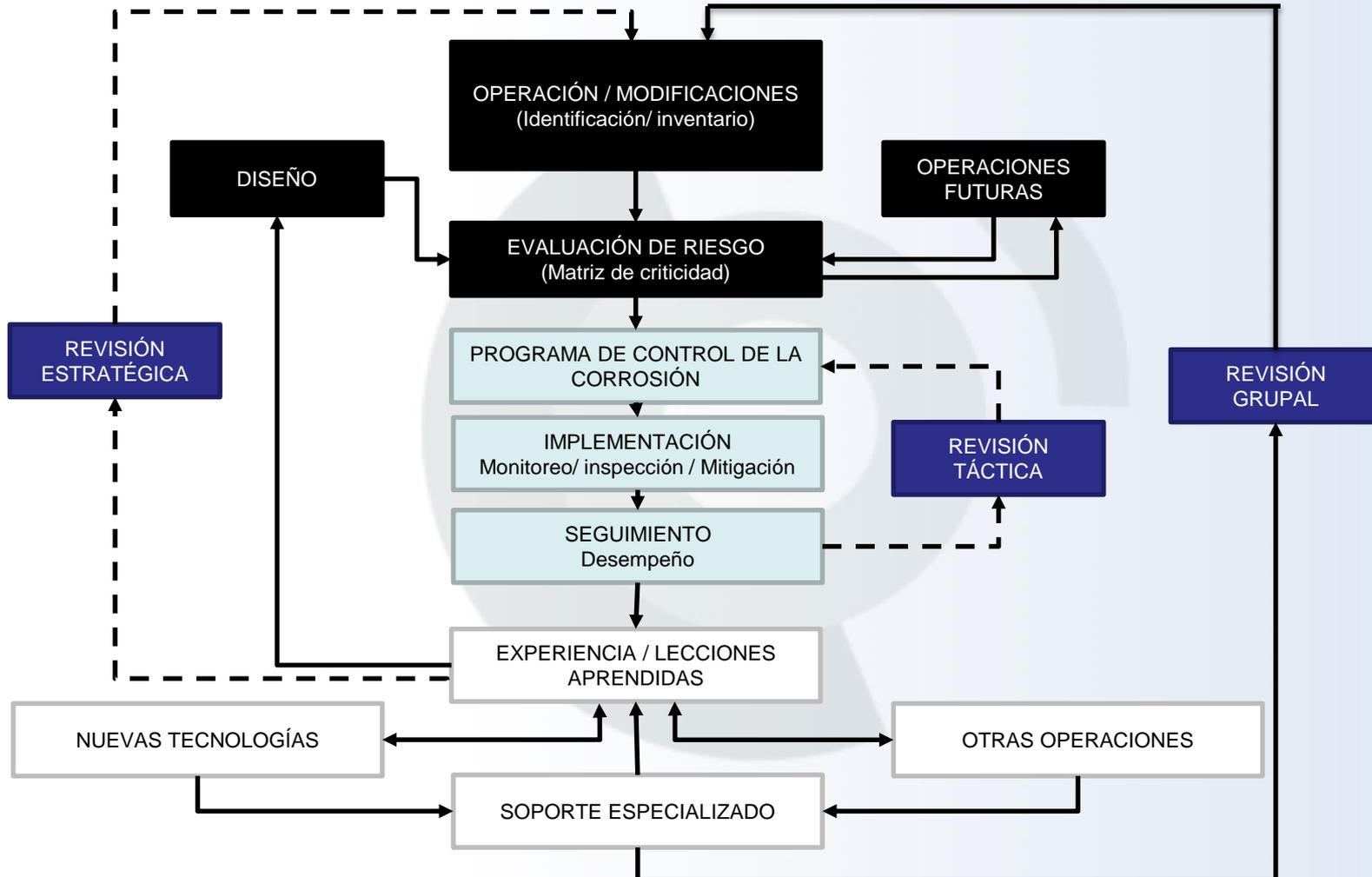
TECNOLOGÍA TOTAL
INGENIERÍA EN INTEGRIDAD Y CORROSIÓN
www.tecnologiatotal.net

ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR DE DUCTOS

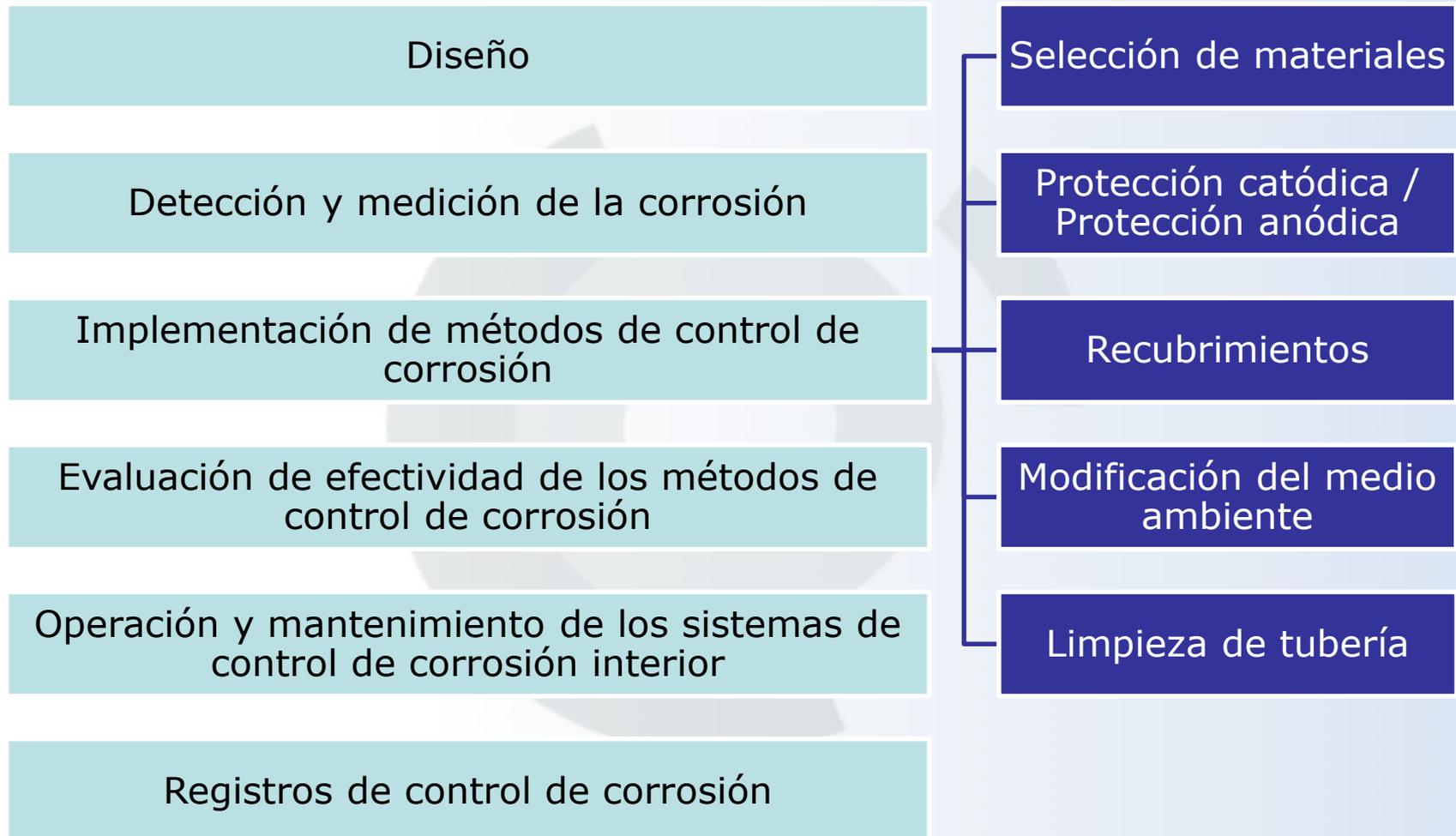
Preparado por: Ing. Carmen Vilcarino
Ing. Gloria Orjuela
Ing. Juan Carlos Pachón



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSION INTERIOR EN DUCTOS



CORROSIÓN INTERIOR



CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Calidad del líquido o gas

- Contenido de impurezas corrosivas.
- Condiciones de operación.
- Esquemas de mitigación.

Flujo

- Velocidad



Mantener impurezas suspendidas, sin acumulación
Minimizar erosión y cavitación

- Evitar flujo intermitente.
- Desarrollo de procedimientos para limpieza.

Remoción de agua y oxígeno

- Deshidratación.
- Control de punto de rocío.
- Desaireación.

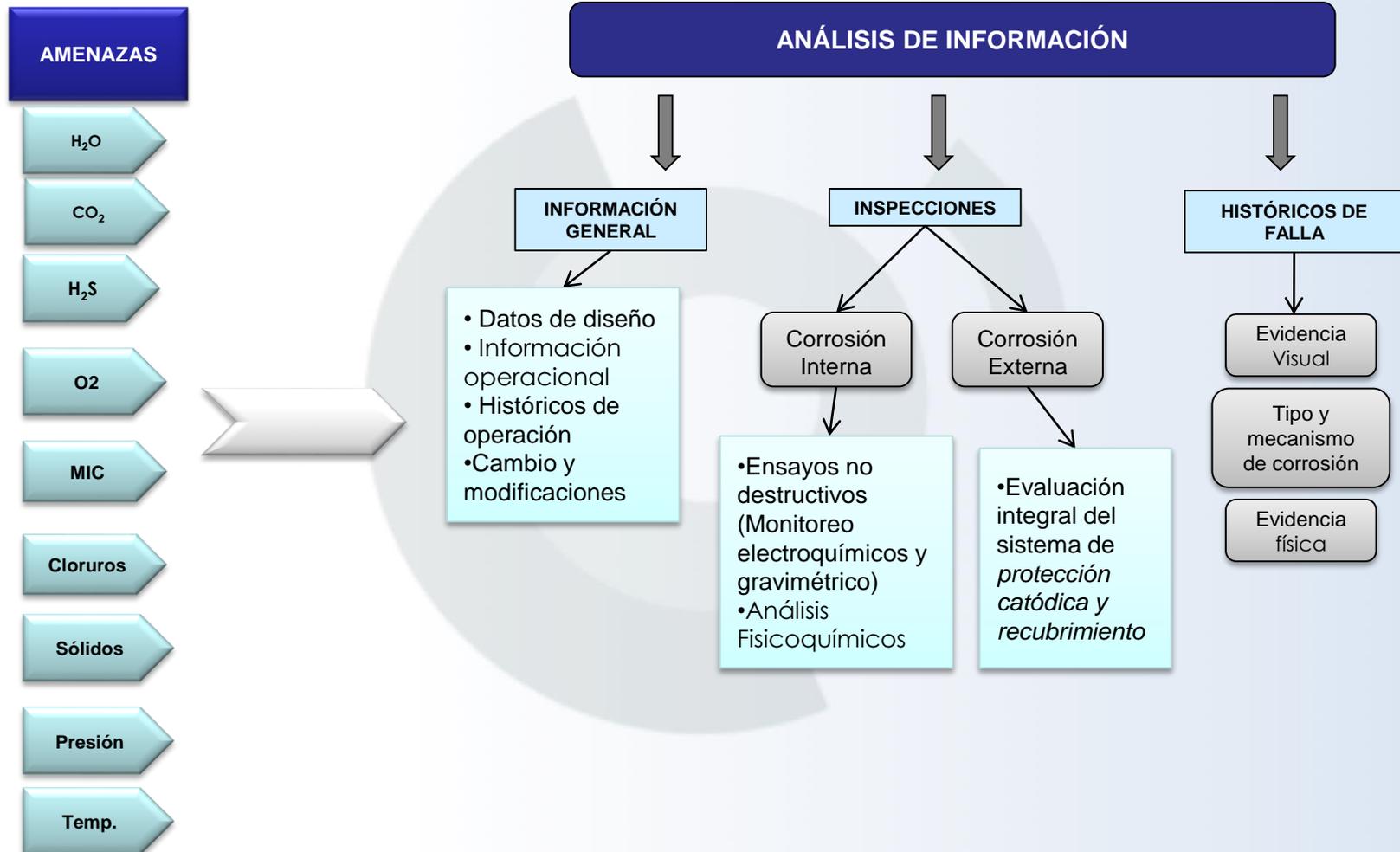
Sistemas de mitigación de corrosión interior

- Químicos: inhibidores de corrosión, secuestrantes de oxígeno, biocidas.
- Recubrimiento interior.

Adicionales

- Cambios de tamaño de la línea.
- Instalaciones para monitoreo.

IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS



DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Cupones de corrosión (NACE SP 0775)



Categorización cualitativa de velocidad de corrosión de acero al carbón

| | Velocidad de corrosión promedio | | Velocidad máxima de picadura | |
|-----------------|---------------------------------|---------|------------------------------|---------|
| | mm/y | mpy | mm/y | mpy |
| Baja | < 0.025 | <1.0 | <0.13 | >5.0 |
| Moderada | 0.025-0.12 | 1.0-4.9 | 0.13-0.20 | 5.0-7.9 |
| Alta | 0.13-0.25 | 5.0-10 | 0.21-0.38 | 8.0-15 |
| Severa | >0.25 | >10 | >0.38 | >15 |

DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Probetas de Resistencia Eléctrica

Determina la pérdida de metal con el tiempo, midiendo el incremento en la resistencia electrónica de un electrodo conforme su área transversal se reduce por la corrosión.

Desventaja:

- a. No está diseñada para monitorear picaduras.
- b. La presencia de contaminantes (Sulfuro férrico) pueden afectar la exactitud de la sonda.



DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Inspección visual para determinar:

- ✓ Tipo de daño (ataque uniforme, picadura, intergranular, cracking).
- ✓ Disminución en espesor de pared.
- ✓ Extensión de la corrosión.
- ✓ Posición del ataque.
- ✓ Depósitos.



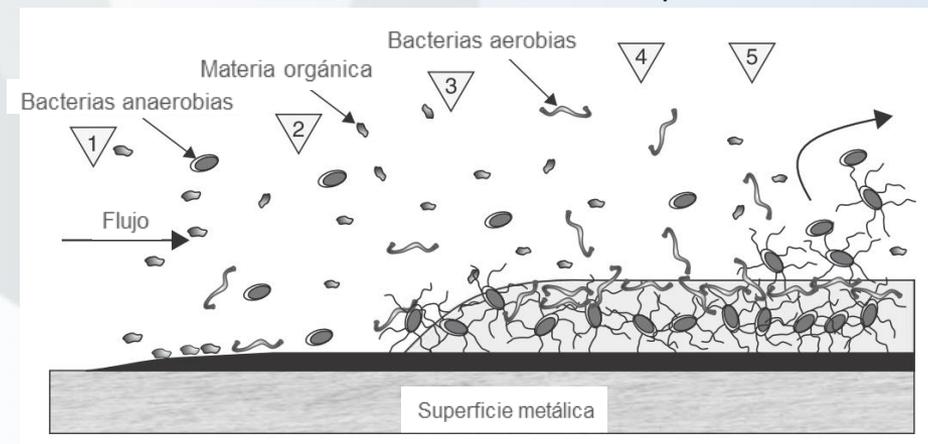
DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Análisis microbiológico - Bacterias

- ✓ Bacterias sulfato-reductoras (BSR): anaerobias, forman H_2S .
- ✓ Bacterias productoras de acidez (BPA): aerobias, produce ácidos grasos de cadena corta.



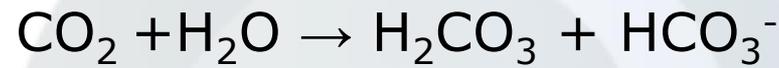
Pasos en la formación de la biopelícula



DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Análisis químico - CO₂

Es corrosivo en presencia de agua (corrosión dulce)



- *Corrosivo* si $P_{\text{CO}_2} > 30$ psi
- *Puede ser corrosivo* si $3 \text{ psi} < P_{\text{CO}_2} < 30$ psi
- *No es corrosivo* si $P_{\text{CO}_2} < 3$ psi



DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Análisis químico - H_2S

- Corroe el metal formando sulfuro de hierro, resultando en corrosión por picadura (corrosión ácida)



- Muy soluble en agua: 200 veces más que el O_2 y 3 veces mas que el CO_2



DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Análisis químico – O₂

Gas de mayor potencial para la corrosión:

Como despolarizador: El O₂ se combina con los electrones evitando la formación de una cubierta de hidrogeno protector.

Como un Oxidante: La oxidación del ion ferroso (Fe⁺⁺) a ion férrico (Fe⁺⁺⁺) incrementa la velocidad de corrosión a pH superior a 4.

Para mantener integridad de las líneas y facilidades:

| Bajo corte agua de producción | |
|-------------------------------|--------------|
| O ₂ disuelto (ppm) | Corrosividad |
| < 7 | Baja |
| > 7 | Alta |

| Alto corte agua de producción | |
|-------------------------------|--------------|
| O ₂ disuelto (ppm) | Corrosividad |
| < 1 | Baja |
| > 1 | Alta |

L. W. Jones, *Corrosion and Water Technology* (tulsa, OK: OGCI, 1992), p. 20

DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

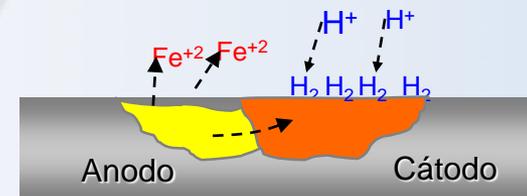
Análisis fisicoquímico - Hierros Totales

- La presencia de hierro disuelto o en suspensión (total) en los fluidos de un sistema puede ser un indicio de corrosión.
- Una disminución en el contenido de hierros después de iniciado un tratamiento puede indicar rápidamente efectividad del programa de tratamiento.
- Debe compararse con otros métodos de monitoreo.
- La muestra del fluido analizado debe ser representativa del sistema.

Estándar de calidad en líneas y facilidades

| Hierros totales (ppm) | Corrosividad |
|-----------------------|--------------|
| < 5 | No |
| > 5 | Si |

NACE SP 0192-98: "Monitoring Corrosion in Oil and Gas production with iron counts".



DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Análisis fisicoquímico - Cloruros

- La presencia de cloruros en el electrolito incrementa su conductividad y corrosividad.
- Puede causar corrosión generalizada, pitting, y en algunos casos SCC (Chloride Stress Corrosion Cracking)

| Ion Cloruro (ppm) | Corrosividad |
|-------------------|--------------|
| 50 | Baja |
| 200 | Moderada |
| 500 | Severa |

Uhlig, H.H., and Revie, R.W., 1985, Corrosion and Corrosion Control, John Wiley & Sons, New York.

DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Análisis fisicoquímico – Sólidos Totales Disueltos (STD)

Los sólidos disueltos tales como carbonato y bicarbonato reducen la corrosión, mientras otros iones agresivos tales como cloruros y sulfatos pueden incrementarla por interferir en la capa protectora, la razón es que a medida que los sólidos disueltos incrementa, la solubilidad del oxígeno disminuye, porque la rata de corrosión depende de la difusión de oxígeno sobre la superficie catódica.

Para determinar la concentración de STD se utiliza la siguiente ecuación:

$$\mathbf{STD} \text{ (mg/L)} = 0.5 \mathbf{EC} \text{ (uS/cm)}$$

Donde:

EC = Conductividad Eléctrica

DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Análisis fisicoquímico - Residual de inhibidor

- Cuando se usan inhibidores de corrosión es importante saber cuanto residual hay aguas abajo del punto de inyección.
- Se debe mantener suficiente inhibidor a través del sistema para asegurar un buen nivel de protección.
- No existe una normatividad establecida para determinar la cantidad de inhibidor necesario para proteger las líneas de flujo, por lo tanto debe ser determinado particularmente para la aplicación de campo en un sistema y comparando con otros variables de monitoreo.

DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

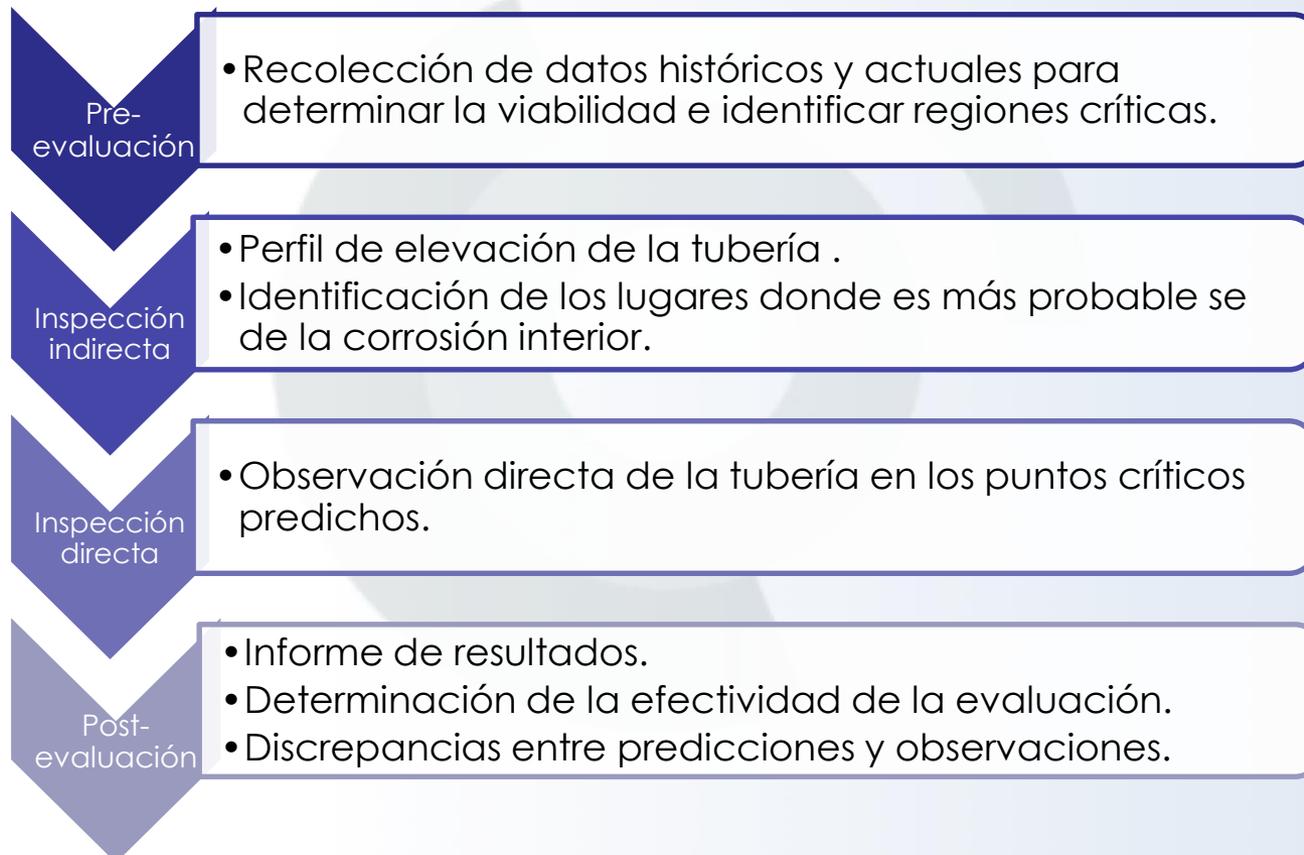
Inspección en Línea - Herramienta Inteligente (ILI)

- NACE Standard SP0102
- Detecta:
 - ✓ Pérdida de metal
 - ✓ Deformaciones en la tubería
- Beneficios:
 - ✓ Determinación y monitoreo de las condiciones de la tubería.
 - ✓ Verificación de la integridad de la tubería.
 - ✓ Evaluación de riesgo.
- Es necesario hacer verificaciones para confirmar la exactitud de la inspección.

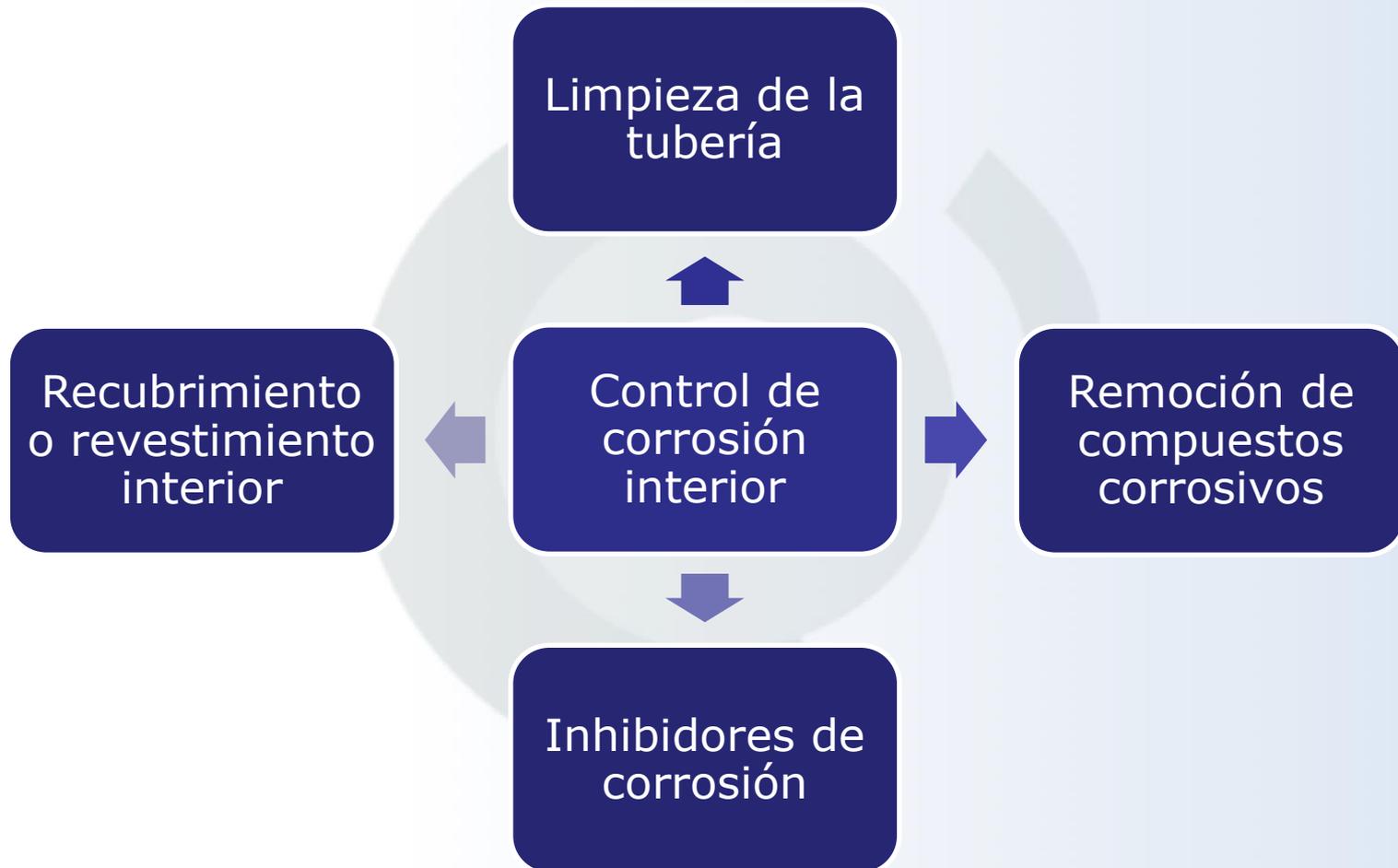


DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CORROSIÓN INTERIOR

Evaluación directa de corrosión interior (ICDA)



MÉTODOS PARA EL CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR



MÉTODOS PARA EL CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR

Limpieza de la línea

- La limpieza periódica (marraneo) remueve:
 - ✓ Sedimentos sueltos (productos de corrosión, incrustaciones, arena, polvo) que puedan promover la formación de celdas de corrosión.
 - ✓ Depósitos sólidos adheridos a la superficie de la tubería que limiten la efectividad de otras medidas de mitigación como la inhibición química.
 - ✓ Agua y otros fluidos que contengan compuestos corrosivos que se hayan asentado.
- Para la selección del tipo de marrano tener en cuenta:
 - ✓ Habilidad para remover contaminantes y recorrer un segmento de tubería.
 - ✓ Compatibilidad de materiales.
 - ✓ Viabilidad de uso desde el punto de vista operacional.
 - ✓ Presencia de películas de inhibidor o recubrimientos plásticos.

CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR

Inhibidores de Corrosión



CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR

Inhibidores Inorgánicos

Inhibidores Orgánicos

Inhibidores Anódicos

Reducen la corrosión por interrupción de la reacción electroquímica en el ánodo de la superficie metálica. El mecanismo de funcionamiento es de PASIVACION (Ej. Cromatos). Estos inhibidores no son aplicables para sistemas de crudo y gas

Inhibidores Catódicos

Menos efectivos que los Inhibidores Anódicos. Operan formando una película (a menudo visible) sobre la superficie catódica. Esto polariza el metal restringiendo el acceso de O₂ a la superficie del metal. También actúa previniendo la despolarización de hidrógeno

Ejemplos: Polifosfatos, Fosfonatos, Zinc. Igual que los anódicos, no son aplicables para sistemas de crudo y gas

Inhibidores Combinados Anódicos/Catódicos

Su combinación proporciona un efecto mejorado de inhibición

Ejemplos: Zinc/Cromato, Cromato/Polifosfato, Zinc/Polifosfato

Inhibidores Neutralizantes

Este inhibidor se combina químicamente con el componente corrosivo del ambiente, minimizando el ataque corrosivo

Ejemplos: Secuestrantes de Oxígeno Amonio Soda Cáustica

Son químicos base Carbono con grupos que contienen nitrógeno, Sulfuros o fósforo. Reducen la corrosión generado una película de barrera protectora sobre la superficie del metal. Su molécula tiene dos secciones de diferentes propiedades. Un extremo es un grupo polar, la cadena misma es no polar y soluble en hidrocarburo.

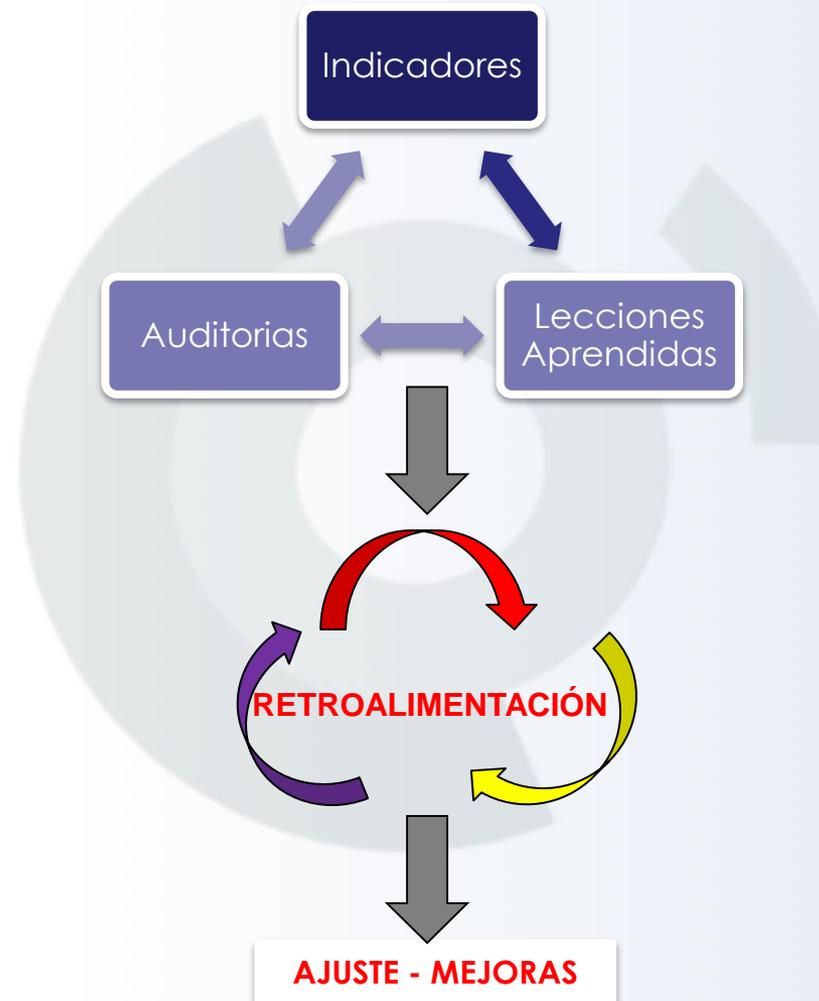
Tipos de Inhibidores:
Monoaminas primarias,
Monoaminas polisustituidas,
Diaminas, Amidas,
Poliaminas, Imidazolina,
Compuestos de Amonio Cuaternario

CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR

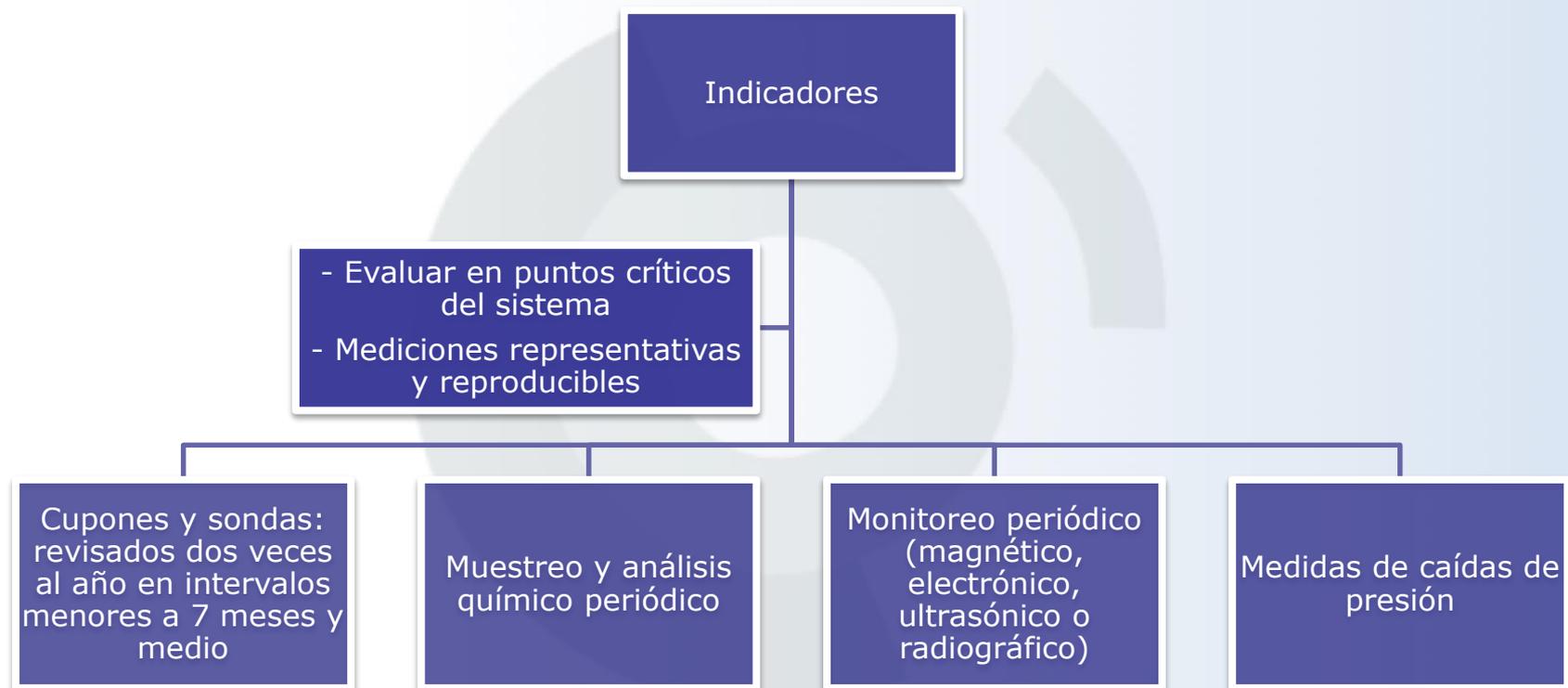
Recubrimiento/revestimiento interior

- Considerados en áreas seleccionadas donde no es viable usar otras medidas para el control de corrosión.
- Resistentes al ataque del fluido transportado, sin comprometer la calidad del transporte.
- Se pueden utilizar epóxicos, cemento, plásticos, compuestos metálicos.
- Su desempeño depende de la limpieza apropiada de la línea, preparación de superficie y empleo de procedimientos adecuados.

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE CORROSIÓN



EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE CORROSIÓN





Gracias