

ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS.



TECNOLOGÍA TOTAL[®]
CONTROL INTEGRAL DE CORROSIÓN

www.tecnologiatotal.net

ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS



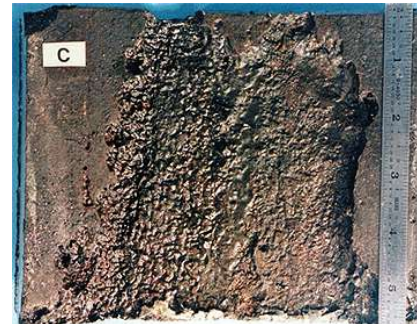
Preparado por:

Ing. Juan Carlos Pachón / Qco. Julio Xiques

ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

OBJETIVOS

- Identificación de riesgos por corrosión interior
- Realizar un control de corrosión interior adecuado.
- Maximizar la expectativa de vida de los ductos y facilidades.
- Brindar confiabilidad a la operación.
- Disminuir el riesgo de Corrosión Interior.
- Bajar los costos operacionales.





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

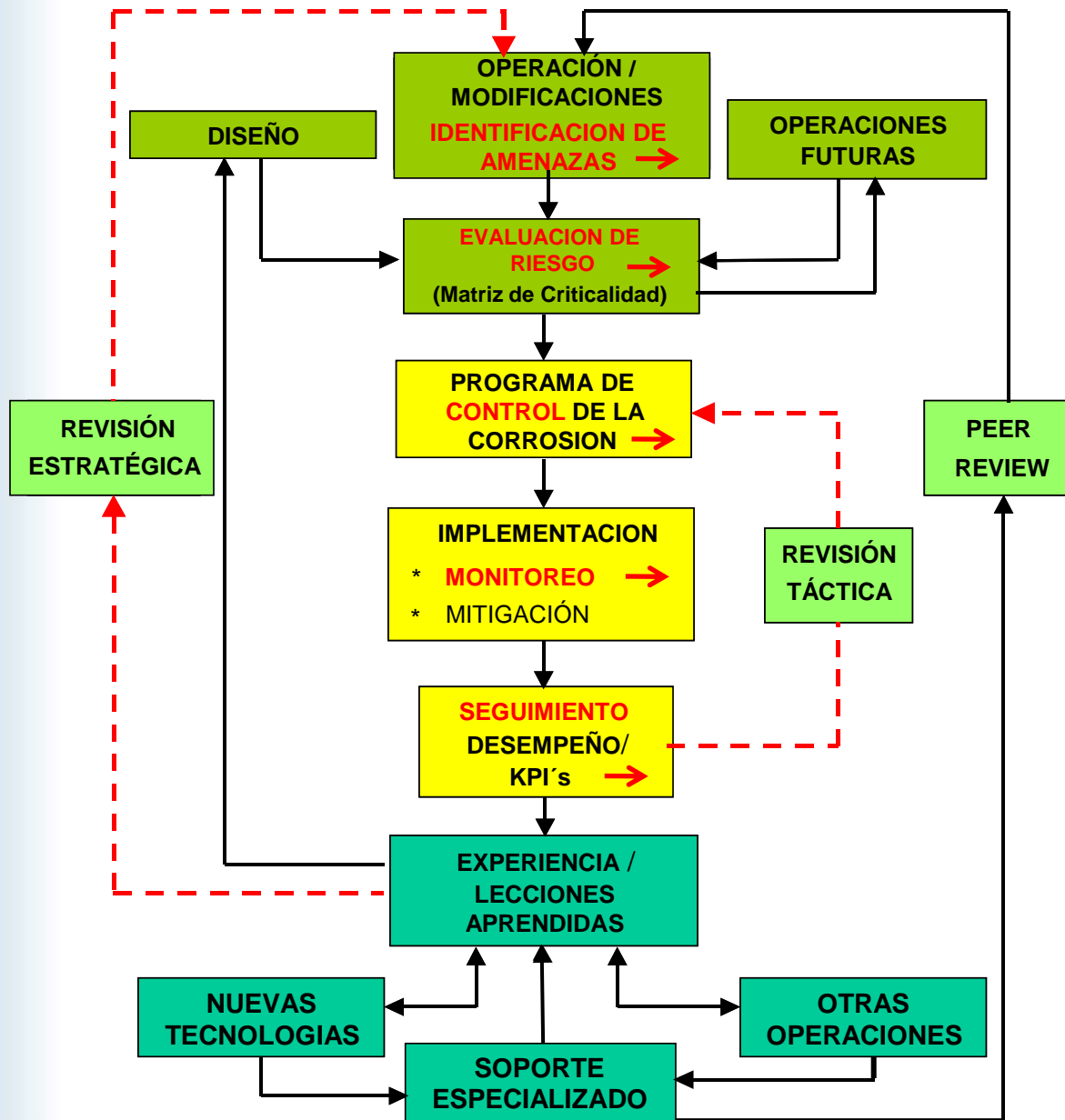
METODOLOGÍA

El programa de monitoreo de corrosión interior de **TECNOLOGÍA TOTAL** se fundamenta en un programa de integridad cíclico o proceso continuo, que tiene como objetivo mantener el sistema en operación, de acuerdo al siguiente diagrama.





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS



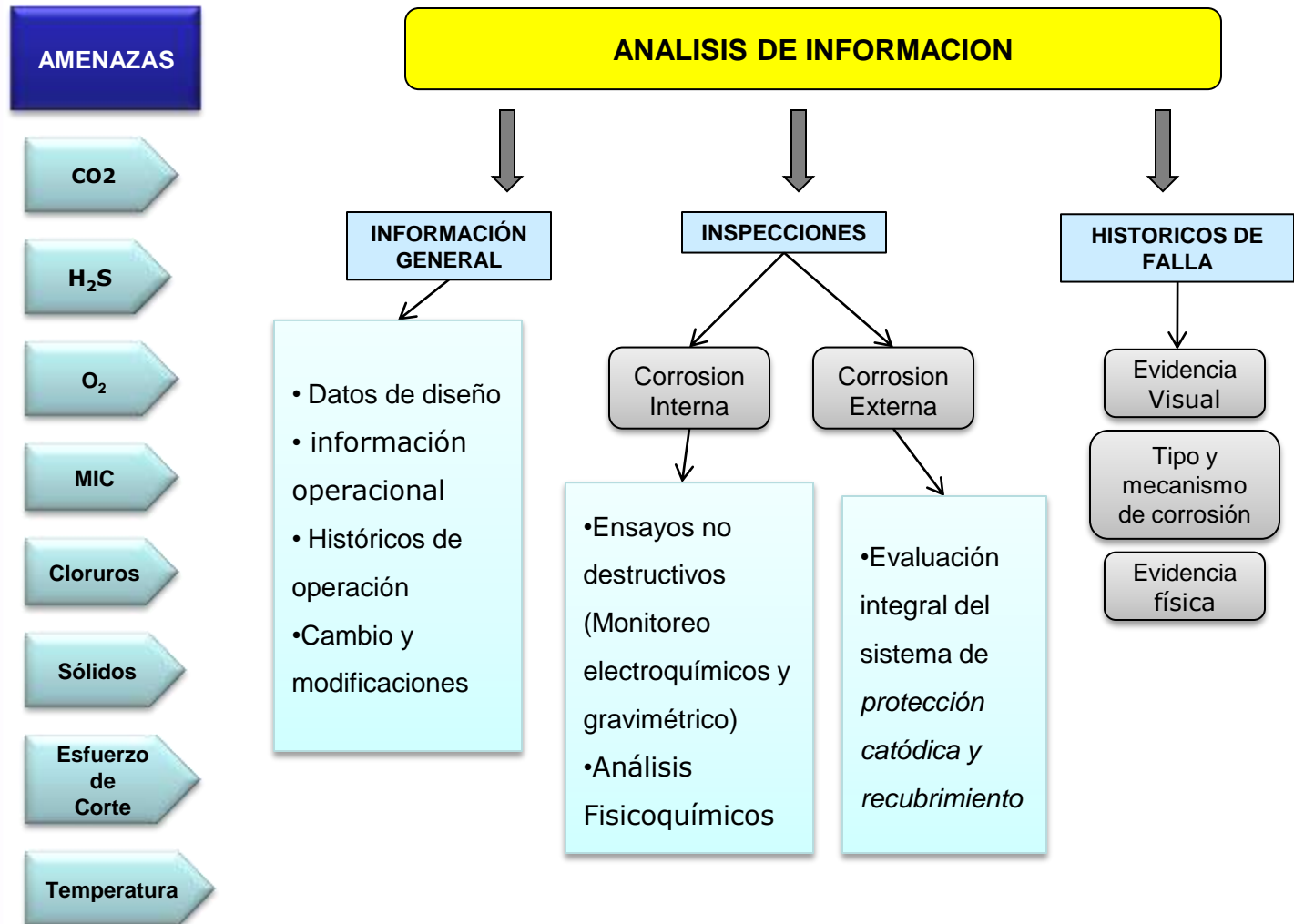
**ESTRATEGIA
CONTROL
DE
CORROSIÓN**





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

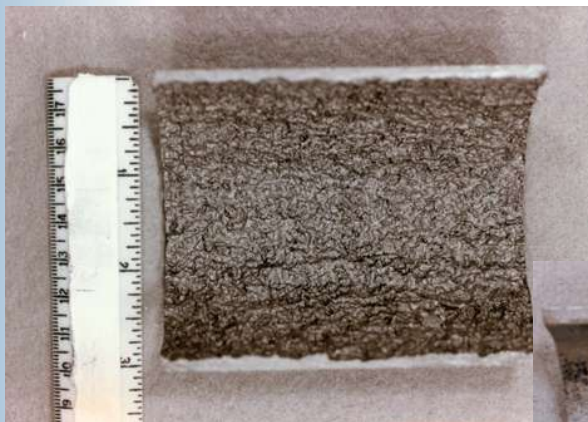
IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

CORROSIÓN CO₂





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

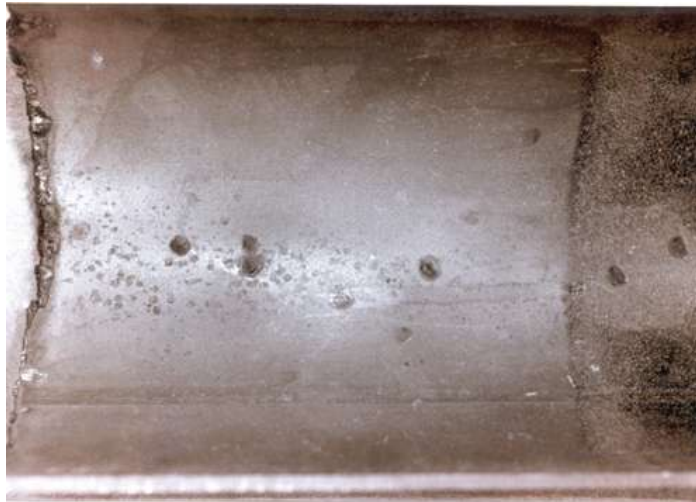
CORROSIÓN H₂S





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

CORROSIÓN MIC





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

EROSIÓN - CORROSIÓN

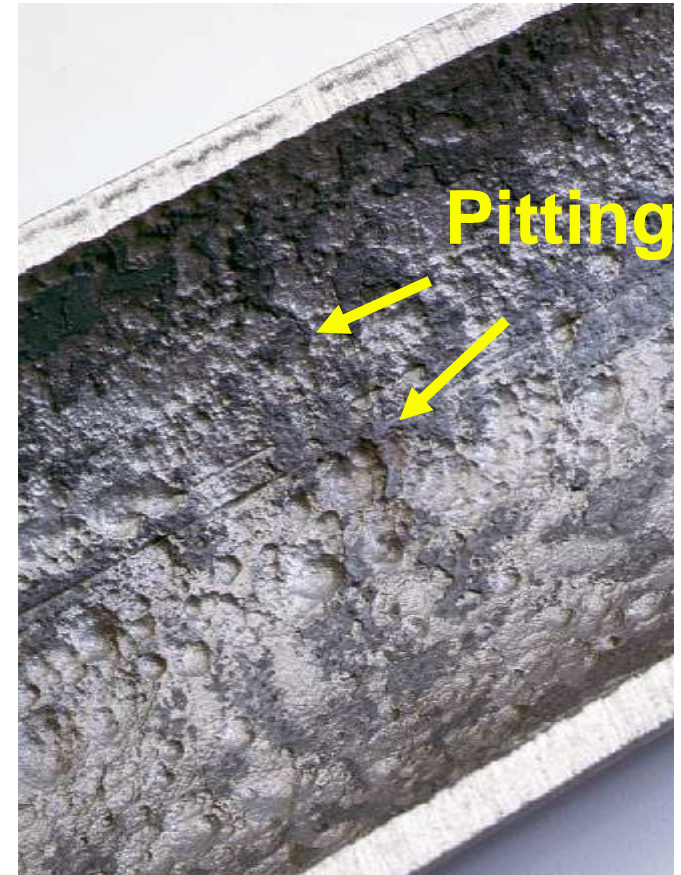
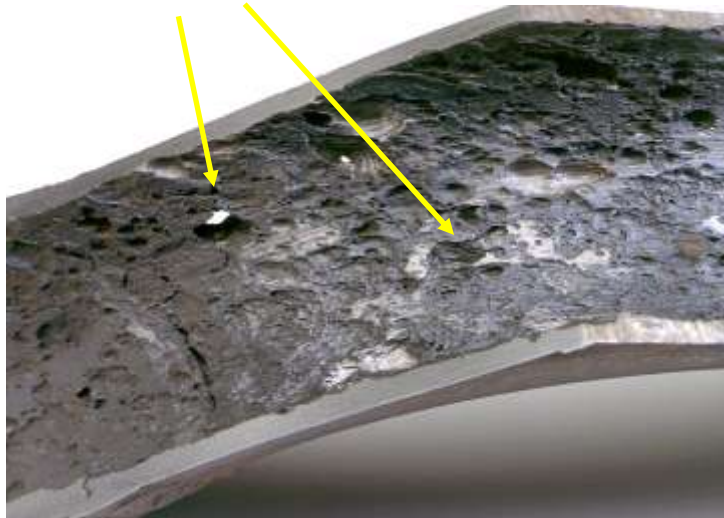




ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

CORROSIÓN POR OXÍGENO

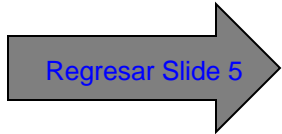
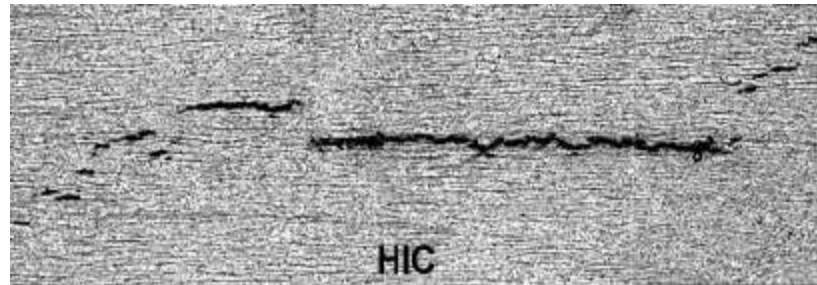
Picaduras por oxígeno





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

DAÑOS POR HIDRÓGENO

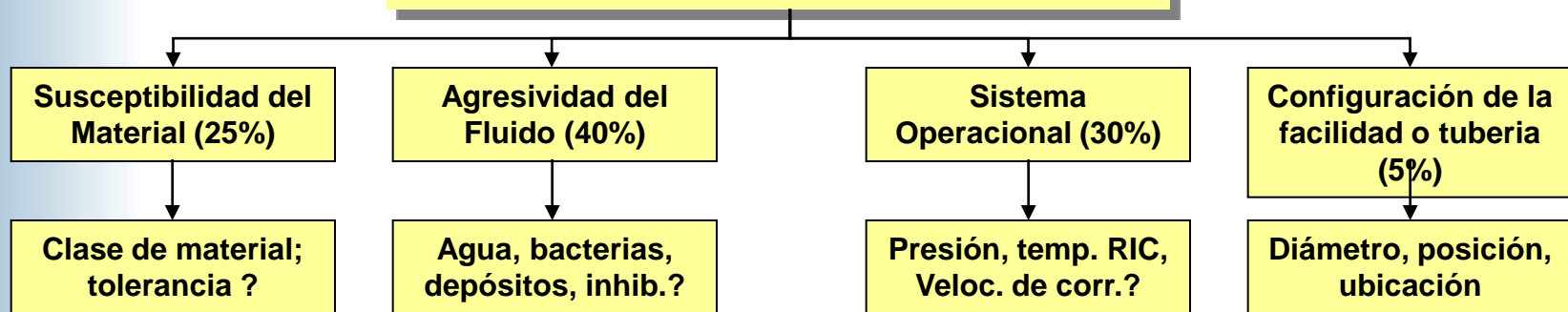




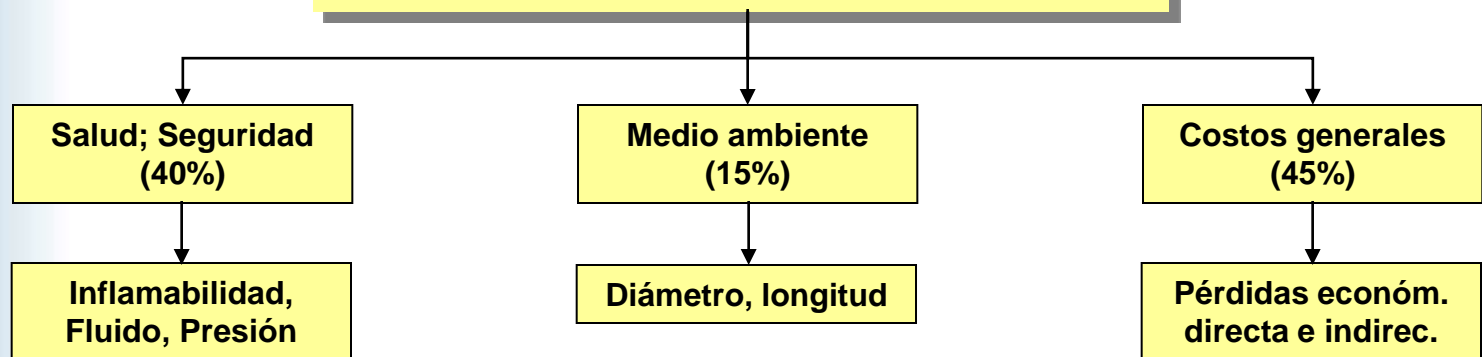
ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS DE RIESGOS

LÓGICA DE LA PROBABILIDAD



LÓGICA DE LA CONSECUENCIA





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS DE RIESGOS

RIESGOS = PROBABILIDAD x CONSECUENCIA= \$\$

ARBOLES DE PROBABILIDAD

IMPACTO de un evento

Alto

Probabilidad

3	4	5
2	3	4
1	2	3

Bajo

Consecuencia Alto

[Regresar Slide 5](#)

CONTROL DE LA CORROSIÓN

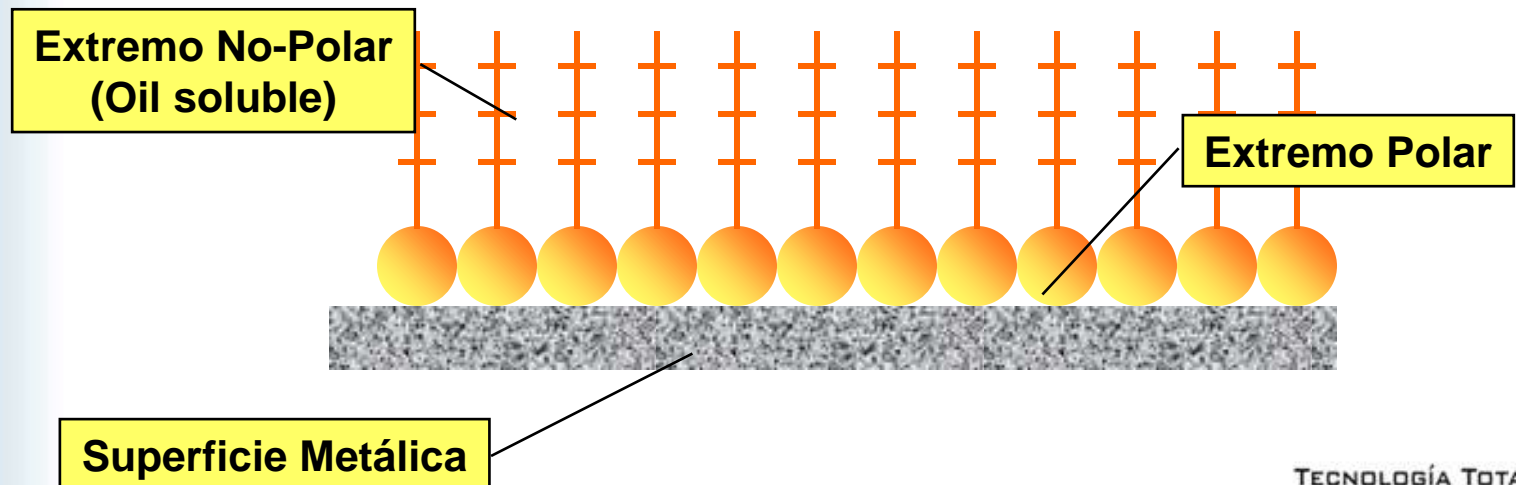
- La corrosión puede ser controlada de varias forma:

1. Diseño
2. Inhibidores
3. Biocida
4. Selección de materiales
5. Protección catódica / Protección anódica
6. Recubrimientos
7. Modificación del medio ambiente



INHIBIDORES DE CORROSIÓN - ORGÁNICOS

- ❖ 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.



INHIBIDORES DE CORROSIÓN ORGÁNICOS (CONT)

Tipos de Inhibidores:

- ✓ Monoaminas primarias
- ✓ Monoaminas polisustituidas
- ✓ Diaminas
- ✓ Amidas
- ✓ Poliaminas
- ✓ Imidazolina
- ✓ Compuestos de Amonio Cuaternario

[Regresar Slide 5](#)



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

MONITOREO CORROSIÓN INTERIOR

Tiene como objeto evaluar el proceso de control de corrosión, a través de indicadores de daños de amenazas por corrosión en equipos antes de que ocurra un daño significativo, de ésta forma brindando confiabilidad a la operación y ahorro a largo plazo.

TECNICA	TIEMPO PARA MEDICION INDIVIDUAL	TIPO DE INFORMACION	VELOCIDAD DE RESPUESTA	AMBIENTE POSIBLE
CUPONES DE CORROSION	LARGO PERIODO DE EXPOSICION	VELOCIDAD DE CORROSION PROMEDIO Y TIPO	BAJA	CUALQUIERA
ANALISIS QUIMICO	INSTANTANEA	ESTADO CORROSIVO (AMBIENTE)	RAPIDA	CUALQUIERA
PROBETAS DE RESISTENCIA ELECTRICA Y POLARIZACION LINEAL	RESPUESTAS RAPIDAS	VELOCIDAD DE CORROSION , EFECTIVIDAD DEL INHIBIDOR Y/O BIOCIDA.	RAPIDA	CUALQUIERA

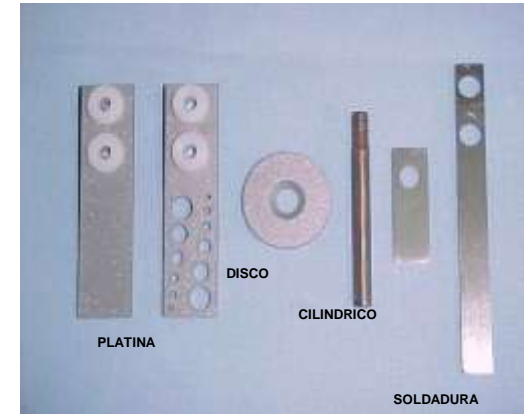
Técnicas de Monitoreo Empleadas para Evaluación de Corrosión Interior.



GERENCIAMIENTO DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS Y CAMPOS DE CRUDO Y GAS

CUPONES DE CORROSIÓN

- Un cupón es una pequeña pieza de metal que es expuesta a un ambiente corrosivo.
- De composición química similar a la del sistema en evaluación.
- Se expone por un periodo de tiempo fijo.
- Da una indicación visual del tipo de corrosión.
- El cupón es limpiado y pesado antes y después de la exposición para determinar la pérdida de material o de peso. A partir de la pérdida de peso se calcula la tasa de corrosión en mpy (Milésimas de pulgada por año)





CUPONES DE CORROSIÓN EVALUACIÓN (NACE STANDARD RP-07-75)

Resultado (mpy)	Corrosión
0 a 1	Leve
1 a 3	Moderada
3 o más	Severa

FIG. 4 AVERAGE CORROSION RATE CLASSIFICATIONS				
Classification	Average Corrosion Rate		Average Pitting Rate	
	mpy	$\mu\text{m/a}$	mils/yr	$\mu\text{m/a}$
Low	1.0	25	12	305
Moderate	1.0 - 4.9	25 - 125	12 - 24	305 - 610
Severe	5.0 - 10.0	126 - 254	25 - 96	635 - 2438
Very Severe	10.0 -	254 -	96 -	2438 -

mpy = mils-per-year (one thousandth of an inch per year or 0.001")

$\mu\text{m/a}$ = micrometers per annum (one thousandth of a millimeter per year or 0.000001; is equivalent to 0.04 mpy)



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

LOCALIZACION DE CUPONES DE CORROSIÓN

- Flujo de fluidos a alta velocidad
- Puntos muertos (Dead Legs)
- Aguas abajo de puntos con posible entrada de oxígeno (Tanques, bombas)
- Cambios de dirección y de flujo (Codos, choques)
- Donde exista condensación y acumulación de agua.





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

“RETRIEVER” Y VÁLVULA DE SERVICIO”

- Diseñados para dar acceso a los dispositivos de monitoreo en sistemas presurizados
- Permite la operación en sistemas con altas presiones y temperaturas.
- Opera bajo un principio de balance de presión extendiendo y colapsando el barril externo de una manera fácil y segura para el retiro e instalación de sistemas de monitoreo (cupones, probetas de resistencia eléctrica, etc.).



VÁLVULA DE SERVICIO

RETRIEVER

ANÁLISIS QUÍMICOS

- Análisis de Productos de Corrosión
- Conteo de Hierro
- Análisis de Gases
- Actividad Microbiológica
- Análisis de Residual de Inhibidor



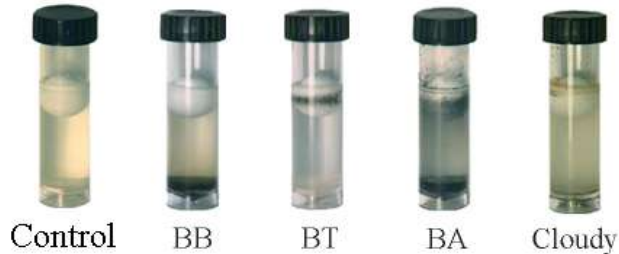


ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO – SRB (Conteo de Bacterias)

En los sistemas de producción de aceite, gas y agua las bacterias pueden causar problemas como corrosión del acero, taponamiento de equipos y generación de H₂S

- **Bacterias aeróbicas**: Se reproducen en presencia de oxígeno (mínimo 0.2 a 0.5 ppm). Las mas importantes son las formadoras de lama y las que depositan hierro.
- **Bacterias anaeróbicas**: Son las mas que mas afectan los sistemas de producción. La mayoría producen iones sulfuro (SRB) y forman H₂S en agua, creando una solución ácida y corrosiva.



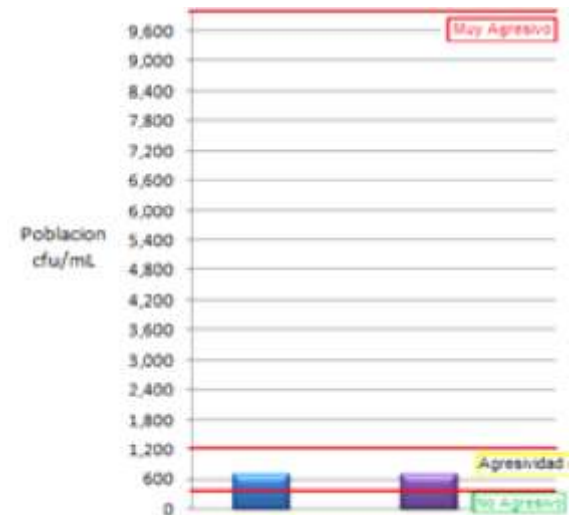
Reacciones que se llevan a cabo en el agua de producción del sistema en particular.

BB → *Bacteria Desulfovidrio*.

BT → *Bacteria aerobia heterótrofa*

BA → Combinación de las reacciones BB y BT

CLOUDY → *Bacteria Anaerobia*



Perfil de SRB



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

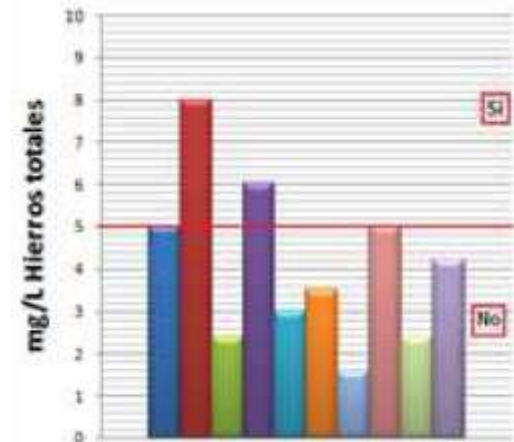
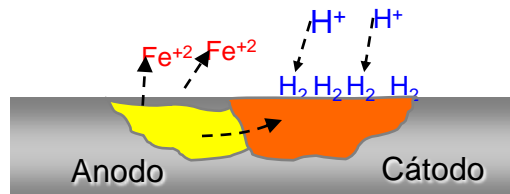
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO – HIERROS TOTALES

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



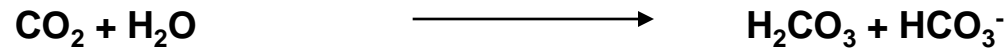
Perfil de hierros totales.



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO - CO₂ EN AGUA DE PRODUCCIÓN

- La corrosión por CO₂ es conocida como Corrosión Dulce. El CO₂ se disuelve e ioniza en el agua para formar Acido Carbónico (bajando el pH), de acuerdo con la siguiente fórmula:



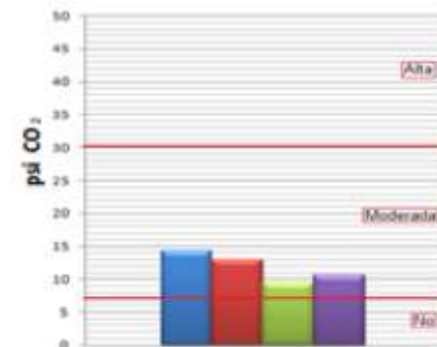
- Los factores importantes que gobiernan la solubilidad del CO₂ son la Presión, Temperatura, pH y composición del agua
- La presión es el factor más influyente, especialmente en sistemas de gas condensado donde el contenido de minerales disueltos es bajo. La presión parcial (Pp) es útil para medir el potencial de corrosión.

$$P_p = \text{Presión Total} \times \text{Fracción molar de CO}_2$$

Estándar de calidad en líneas y facilidades

Presión Parcial CO ₂ (psi)	Corrosividad
< 7	No
7 – 30	Moderada
> 30	alta

H. Byars, Corrosion Control in Petroleum Production, 2nd ed. (Houston, TX: NACE, 1999)



Perfil de CO₂



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO – OXIGENO DISUELTO

- El Oxígeno es el gas de mayor potencial para la corrosión. El Oxígeno disuelto a bajas concentraciones (<1 ppm) puede causar corrosión. Su combinación con CO_2 y H_2S incrementa drásticamente la corrosión.
- El Oxígeno acelera la corrosión en dos formas:
 - **Como un Despolarizador:** El O_2 se combina con los electrones evitando la formación de un “blanket” de hidrogeno protector.
 - **Como un Oxidante:** La oxidación del ion ferroso (Fe^{++}) a ion férrico (Fe^{+++}) incrementa la rata de corrosión a pH superior a 4.

La solubilidad de los gases en los líquidos disminuye como la temperatura aumenta.

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



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

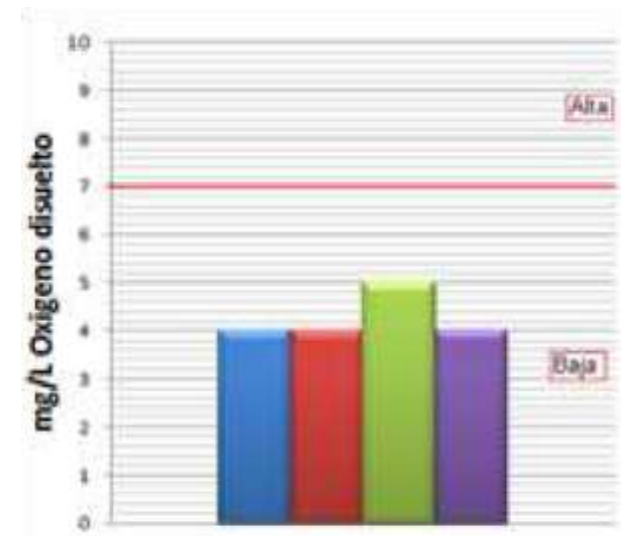
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO – MEDIDA DE OXIGENO DISUELTO

Estándar de calidad para mantener
integridad de las líneas y facilidades

Bajo corte agua de producción	
Oxígeno Disuelto (ppm)	Corrosividad
<7	Baja
>7	Alta

Alto corte agua de producción	
Oxígeno Disuelto (ppm)	Corrosividad
<1	Baja
>1	Alta

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



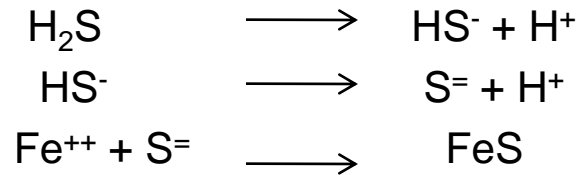
Perfil de Oxígeno Disuelto.



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FISICOQUIMICO - MEDIDA DE H₂S

- La corrosión por H₂S es conocida como Corrosión Ácida. El H₂S es 70 veces más soluble en agua que el O₂. El mecanismo de corrosión por H₂S obedece a las siguientes ecuaciones:



- El H₂S puede estar presente en sistemas de agua de formación como un resultado del metabolismo de bacterias SRB

Department of Transportation. CFR492. Vol. 3. Part 192. "Transportation of Natural and other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards" § 192.475. Oct 1 2001. Washington D.C.



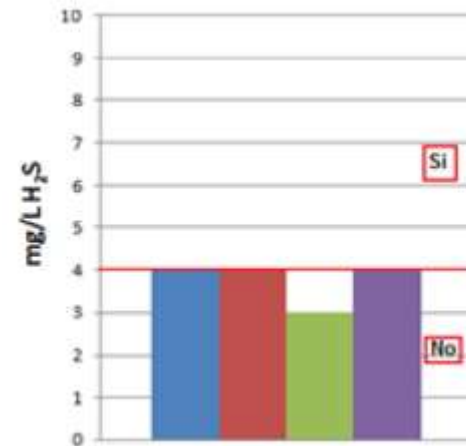
ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FISICOQUIMICO - MEDIDA DE H₂S

Estándar de calidad para mantener integridad de las líneas y facilidades

H ₂ S (ppm)	Corrosividad
<4	No
>4	Si

Department of Transportation. CFR492. Vol. 3. Part 192. "Transportation of Natural and other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards" § 192.475. Oct 1 2001. Washington D.C.



Perfil de íon sulfuro.



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

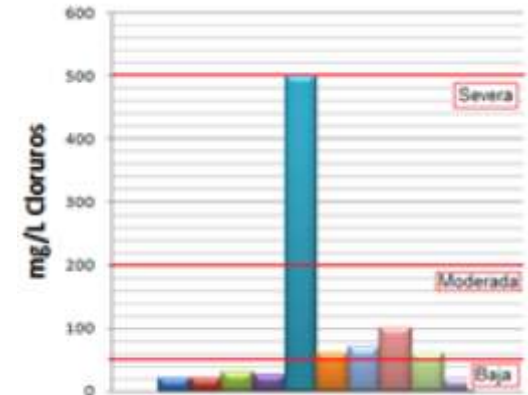
ANÁLISIS FISICOQUIMICO - MEDIDA ION CLORURO

El acero debe tener una solución conductiva sobre su superficie para formar una celda para el ataque corrosivo. La adición de sales que contienen cloruros, comúnmente encontrados en líneas de producción de gas y agua incrementa la conductividad y la corrosión del agua, resultando en tipo de corrosión pitting y general.

Estándar de calidad líneas y facilidades

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.



Perfil de ion cloruro.



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FISICOQUIMICO – SOLIDOS 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 tasa de corrosión depende de la difusión de oxígeno sobre la superficie catódica.

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

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

Donde:

EC = Conductividad Eléctrica



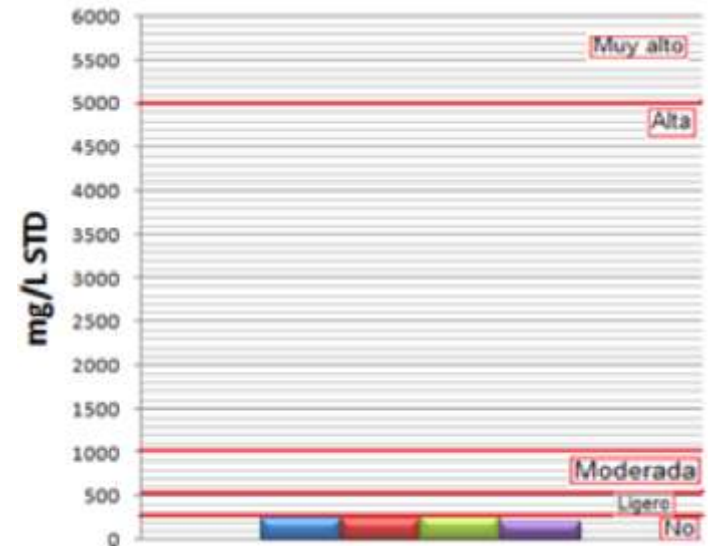
ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FISICOQUIMICO – SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (STD)

Estándar de calidad para mantener
integridad de las líneas y facilidades

STD (ppm)	Corrosividad
< 250	No
250 – 500	Ligero
500 – 1000	Moderado
1000 – 5000	Alto
> 5000	Muy alto

Scotto, V., DeCintio, R., and Marcenaro, G., 1985, "the influence of marine aerobic microbial film on stainless steel corrosion behaviour", Corrosion Science.



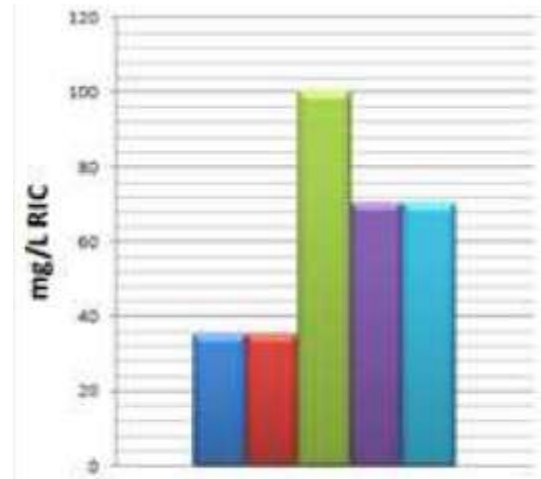
Perfil de STD



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO - 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.
- Su determinación se basa en la medida espectrofotométría a una longitud de onda de 425nm, realizando una extracción líquido-líquido con CHCl_3 , el cual extrae el complejo formado entre los inhibidores de corrosión base amina y los tintes de Bromocresol mezclados.
- 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.



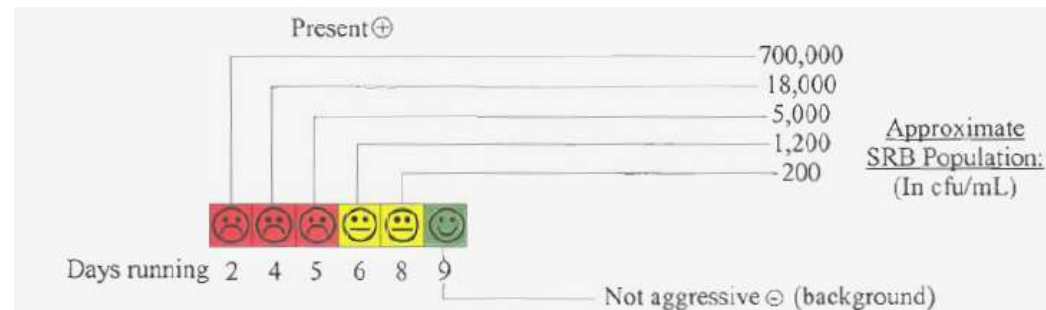
Perfil de RIC en campo a 200 ppm de inhibidor base amina.



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO - RESIDUAL DE BIOCIDA

- Cuando se usa biocida es importante saber cuanto residual hay aguas abajo del punto de inyección para controlar el crecimiento biológico en sistemas de agua de formación, ya que se producen una gama de bacterias, anaerobias (SRB) y aerobias.
- Su determinación se basa en la titulación del glutaraldehido (principio activo del biocida), con ácido sulfúrico en presencia de sulfito e indicador de fenolftaleína para determinar el punto final.
- No existe una normatividad establecida para determinar la cantidad de biocida necesario para desinfectar las líneas de flujo, por lo tanto debe ser determinado particularmente en un sistema y comparando con otros variables de monitoreo como determinación de bacterias SRB y APB.
- Para cada sistema se debe establecer un Valor Crítico Máximo Permitido (VCMP), de bacterias el cual será la referencia para la evaluación del tratamiento y valoración del riesgo por biocorrosión residual.



Determinación de la población potencial.



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

PROBETAS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA



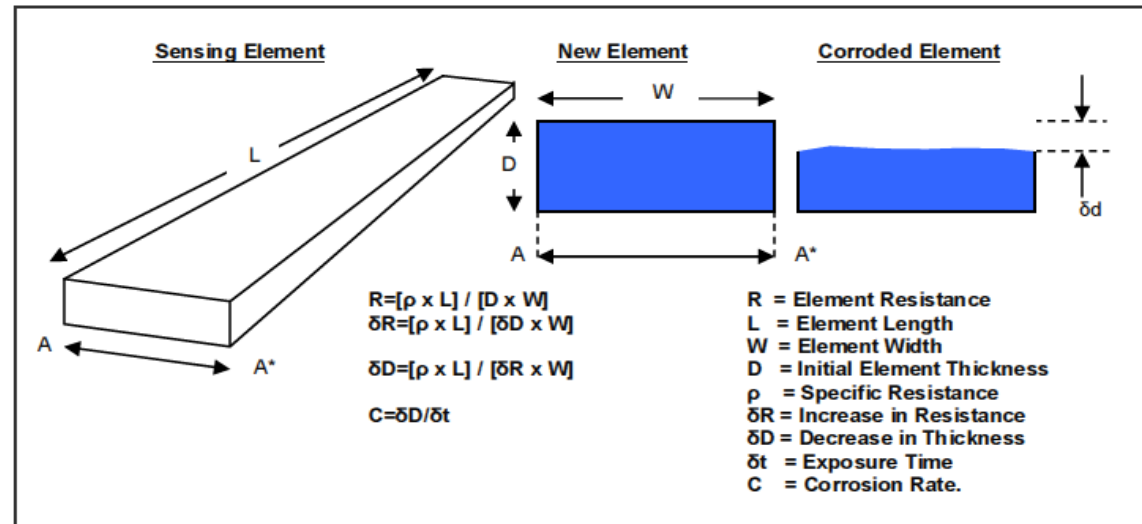
4700 Fixed



4700-ADJ



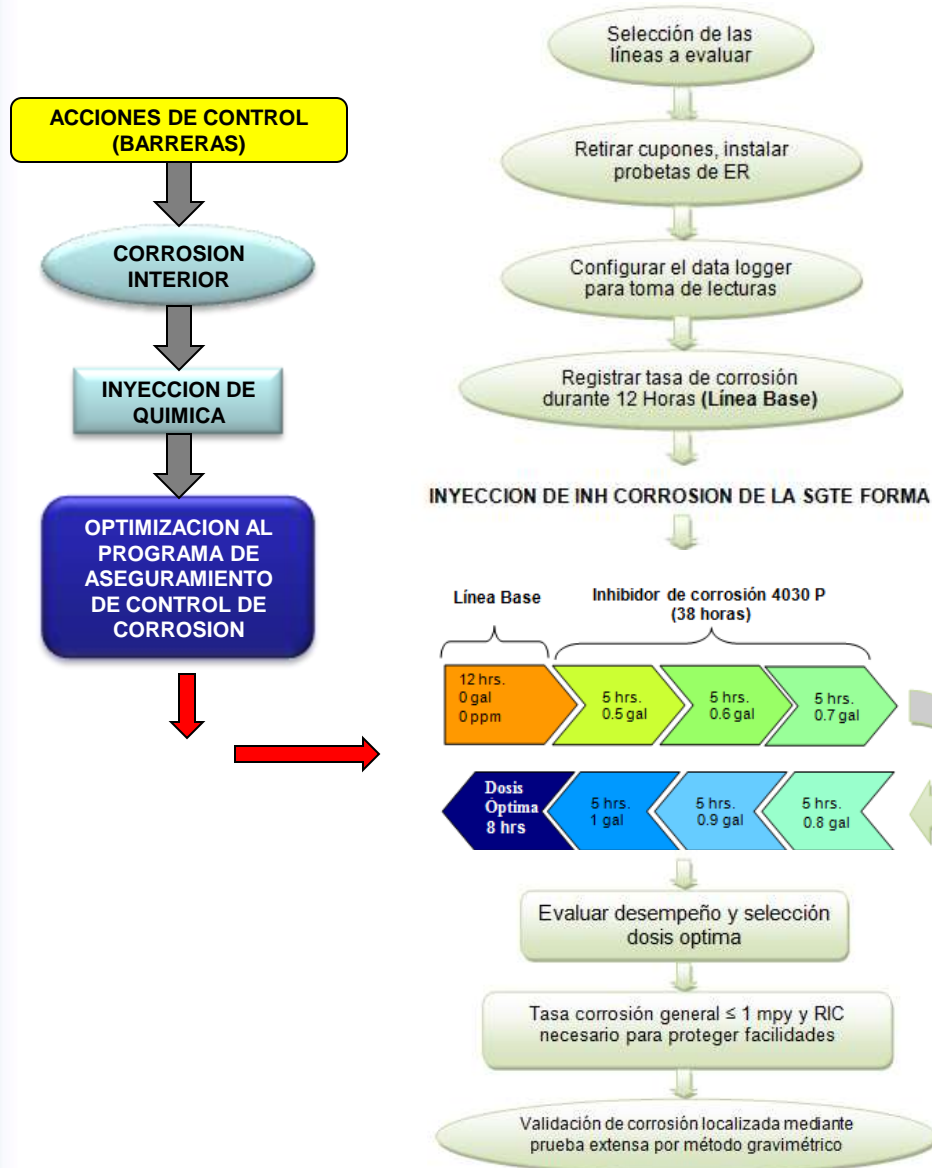
PRINCIPIO MONITOREO POR PROBETAS RESISTENCIA ELÉCTRICA





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

PROGRAMA OPTIMIZACIÓN DE DOSIS DE INHIBIDOR DE CORROSIÓN



Monitorear para cada ajuste:

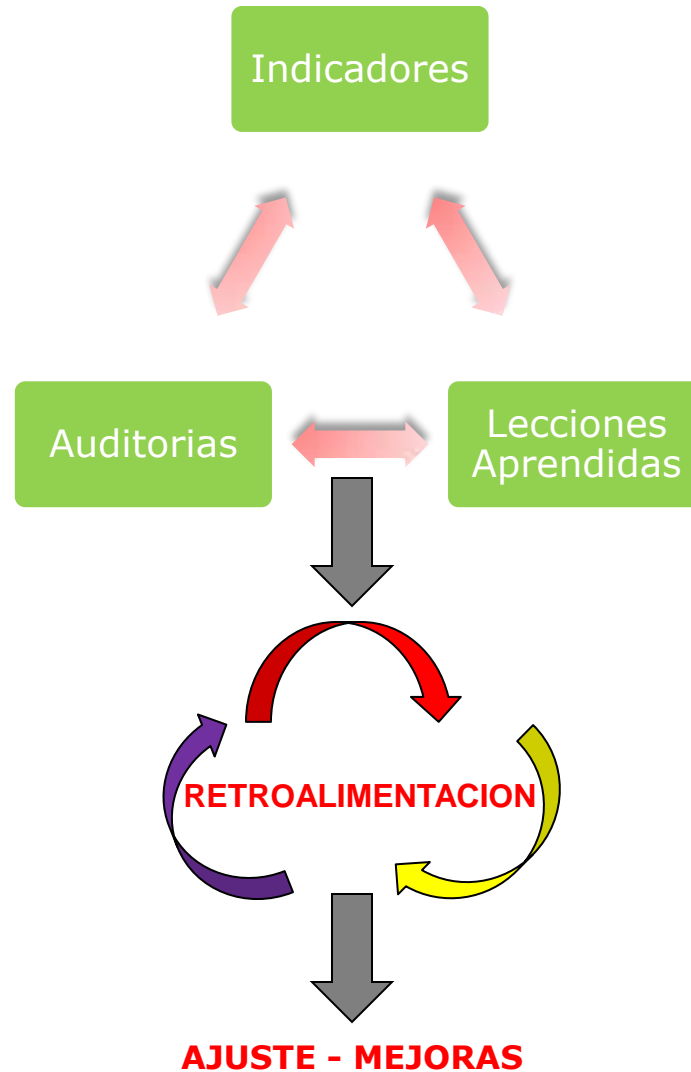
- Presión y temperatura
- Flujo de agua y gas
- Cuento de fierros
- Residual inh corrosión
- Dosis de inh de corrosión
- Tendencia de la tasa de corrosión.

Regresar Slide 5



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

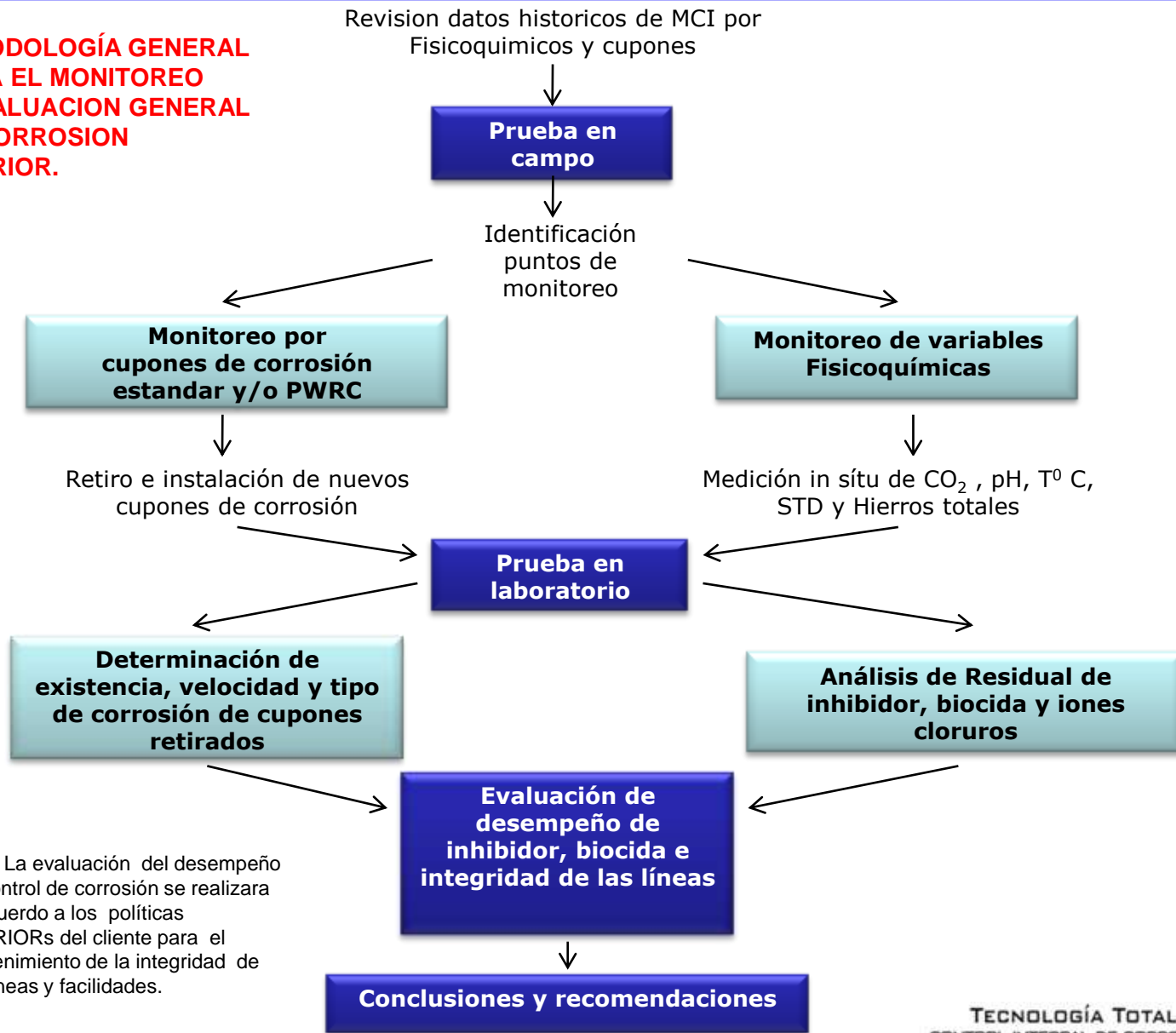
**SEGUIMIENTO
DESEMPEÑO
ASEGURAMIENTO
SISTEMA**





ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

METODOLOGÍA GENERAL PARA EL MONITOREO Y EVALUACIÓN GENERAL DE CORROSIÓN INTERIOR.



Nota: La evaluación del desempeño del control de corrosión se realizara de acuerdo a los políticas INTERIORS del cliente para el mantenimiento de la integridad de las líneas y facilidades.



GERENCIAMIENTO DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS Y CAMPOS DE CRUDO Y GAS

NORMATIVIDAD

ELEMENTOS	NORMATIVIDAD
Cupones	NACE MR 0775 "Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations"
Retriever y válvula de servicio .	NACE MR 0175 "Petroleum and Natural gas Industries, Materials for Use in H ₂ S containing environments in Oil and Gas production.
pH meter.	Norma API RP 45. Recommended Practice for Analysis of Oilfields waters. Third Edition, 1998.
Análisis de bacterias SRB	RP 0204-04: "Stress Corrosión Cracking (SCC) Direct Assessment Methodology".
Análisis CO ₂ en aguas	ASTM D 513 (latest revision), "Standard Test Methods for Total and Dissolved Carbon Dioxide in Water".
Análisis de Hierros totales.	NACE RP 0192: "Monitoring Corrosion in Oil and gas production with iron counts".
Análisis Oxígeno Disuelto.	ASTM D 888 (latest revision), "Standard Test Methods for Dissolved Oxygen in Water".
Análisis de Sulfuros.	ASTM D 4658 (latest revision), "Standard Test Method for Sulfide Ion in Water".
Análisis Amina Fílmica.	ASTM D-3370-82 "Standard Practice for Sampling water".



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

RECURSO HUMANO

TECNOLOGÍA TOTAL cuenta con personal altamente calificado para la ejecución de los proyectos de ingeniería para el monitoreo de corrosión interior, cumpliendo con las expectativas, necesidades e interés de nuestros clientes, bajos procedimientos normalizados de acuerdo a la normas NACE, API y ASTM y otras más.

- **Técnicos de Corrosión**, para retiro e instalación de sistema de monitoreo (cupones y probetas).
- **Químico**, para toma muestras y análisis Químicos.
- **Ingenieros NACE Certified INTERIOR** Corrosion Technologist para planeación análisis de los resultados.



ESTRATEGIA DE CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR EN PLANTAS DE CRUDO Y GAS

Gracias



TECNOLOGÍA TOTAL
CONTROL INTEGRAL DE CORROSIÓN

www.tecnologiatotal.net