

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. SINTOMATICA Y SISTEMAS DE DETECCIÓN/DIAGNÓSTICO

### *2.1. INSPECCION TELEVISADA DE SONDEOS*

## 3. PROCESOS DE INCRUSTACIÓN: TIPOS, ORIGEN Y EFECTOS

### *3.1. COLMATACIÓN POR PROCESOS QUIMICOS.*

### *3.2. COLMATACIÓN POR PROCESOS BIOLÓGICOS*

### *3.3. COLMATACIÓN POR PROCESOS MECÁNICOS*

### *3.4. COLMATACIÓN POR PROCESOS FÍSICOS-QUÍMICOS*

## 4. PREVENCIÓN DEL “ENVEJECIMIENTO” DE LOS SONDEOS

## 5. REGENERACIÓN DE SONDEOS: TÉCNICAS, REACTIVOS Y DISPOSITIVOS ESPECIALES

## 6. REGENERACION “FÍSICO-MECÁNICA”

6. REGENERACION “FÍSICO-MECÁNICA

7. REGENERACION “QUIMICA”

8. EQUIPOS ESPECIFICOS PARA REGENERACIÓN DE SONDEOS

9. CORROSION: DEFINICIÓN Y CAUSAS

**9.1. CORROSIÓN QUÍMICA Y ELECTROQUÍMICA**

**9.2. CORROSIÓN BACTERIANA**

**9.3. CORROSIÓN/EROSIÓN MECÁNICA**

10. TIPOS DE CORROSION

11. PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CORROSIÓN

12.- CONSIDERACIONES ECONÓMICAS SOBRE LA REGENERACIÓN DE SONDEOS

# INCRUSTACION Y CORROSION EN SONDEOS: TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y REGENERACION

Grupo	Descripción	Croquis
<i>Siderocapsa</i>	Compuesto por células cocoides aglutinadas dentro de una cápsula común. En la superficie de las cápsulas se identifican los precipitados férricos.	
<i>Gallionella</i>	<p>Bacterias de tipo peduncular. Los depósitos de hidróxido férrico aparecen en el extremo de las estructuras en forma de vainas encadenadas que segregan las bacterias. Estas bacterias pedunculadas pueden desprenderse de sus soportes, dando lugar a formaciones filamentosas en suspensión.</p> <p>Este tipo de colonias bacterianas se caracterizan por su rápida proliferación, y son las responsables de una gran parte de los casos de colmatación orgánica de los filtros de los sondeos.</p> <p>Aunque su hábitat característico suele estar entre 30 y 120 m de profundidad, puede encontrarse hasta los 200 m. Sobreviven en medio con débil contenido en oxígeno, siendo la temperatura óptima para su desarrollo entre 0 y 10 EC.</p>	
<i>Crenothryx</i>	Son bacterias filamentosas. El primer tipo está compuesto por varias filas de células bacterianas, incrustadas de hierro y manganeso. En su interior contienen esporas que pueden germinar y formar nuevos filamentos.	
<i>Clonothryx</i>	El segundo tipo se caracteriza por ser incoloras y cilíndricas. Están constituidas por cadenas orgánicas impregnadas de óxidos de hierro o manganeso.	
<i>Leptothryx</i> <i>Sphaerotilus</i>	Tienen cadenas impregnadas en óxidos de hierro y manganeso. Se dividen transversalmente, siendo móviles gracias a manojos de flagelos.	

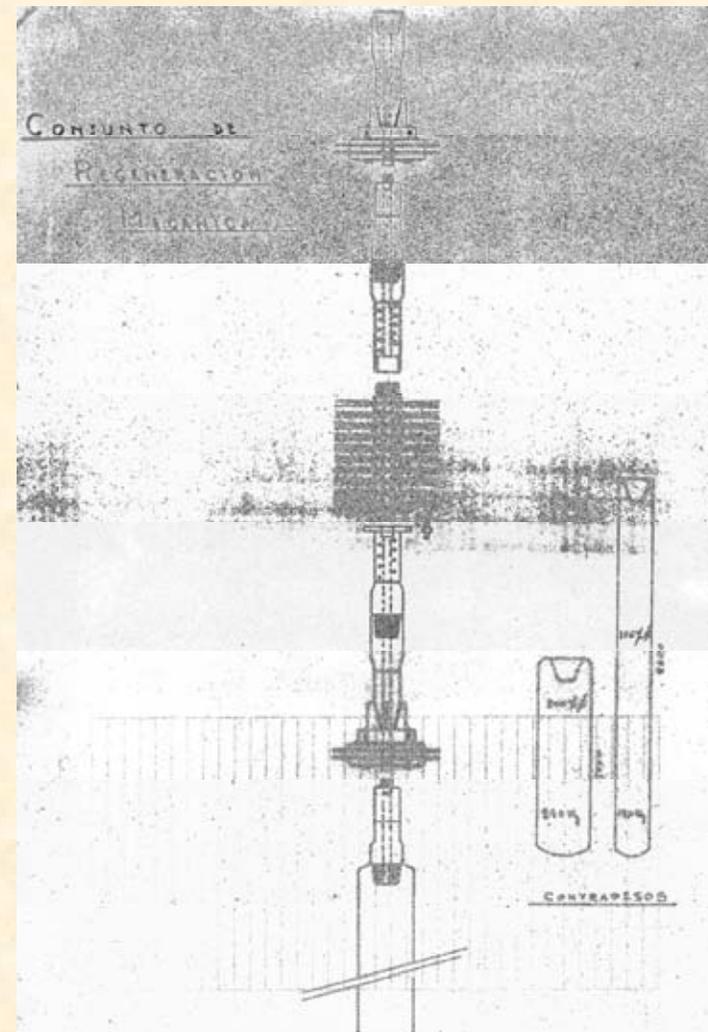
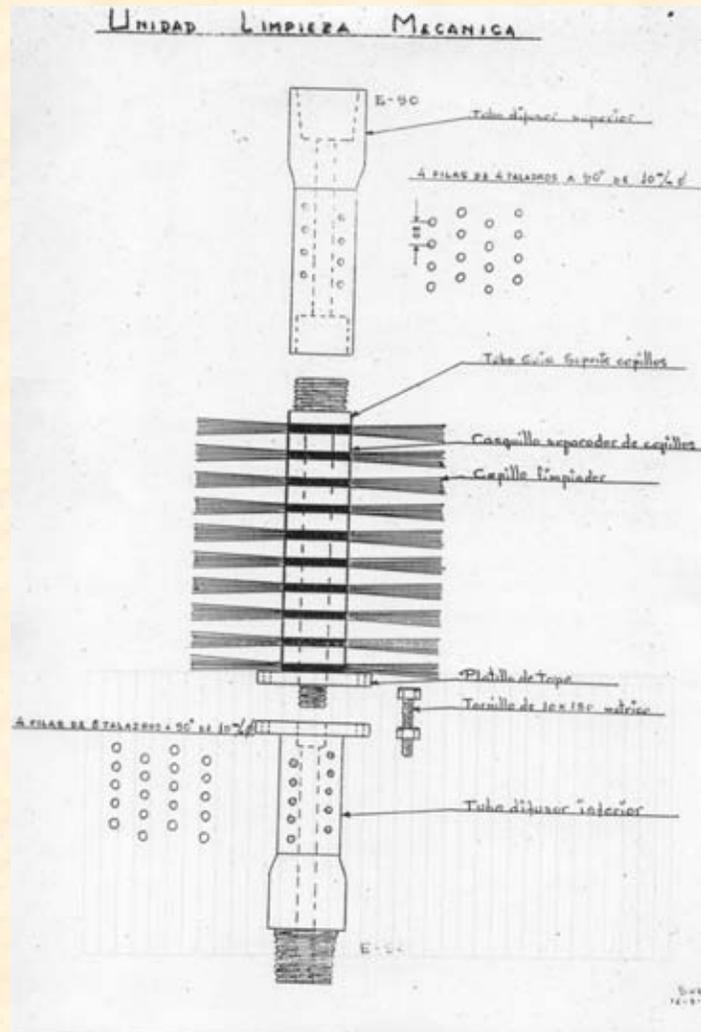
Tabla XXVIII. Principales tipos de bacterias presentes en las aguas subterráneas.

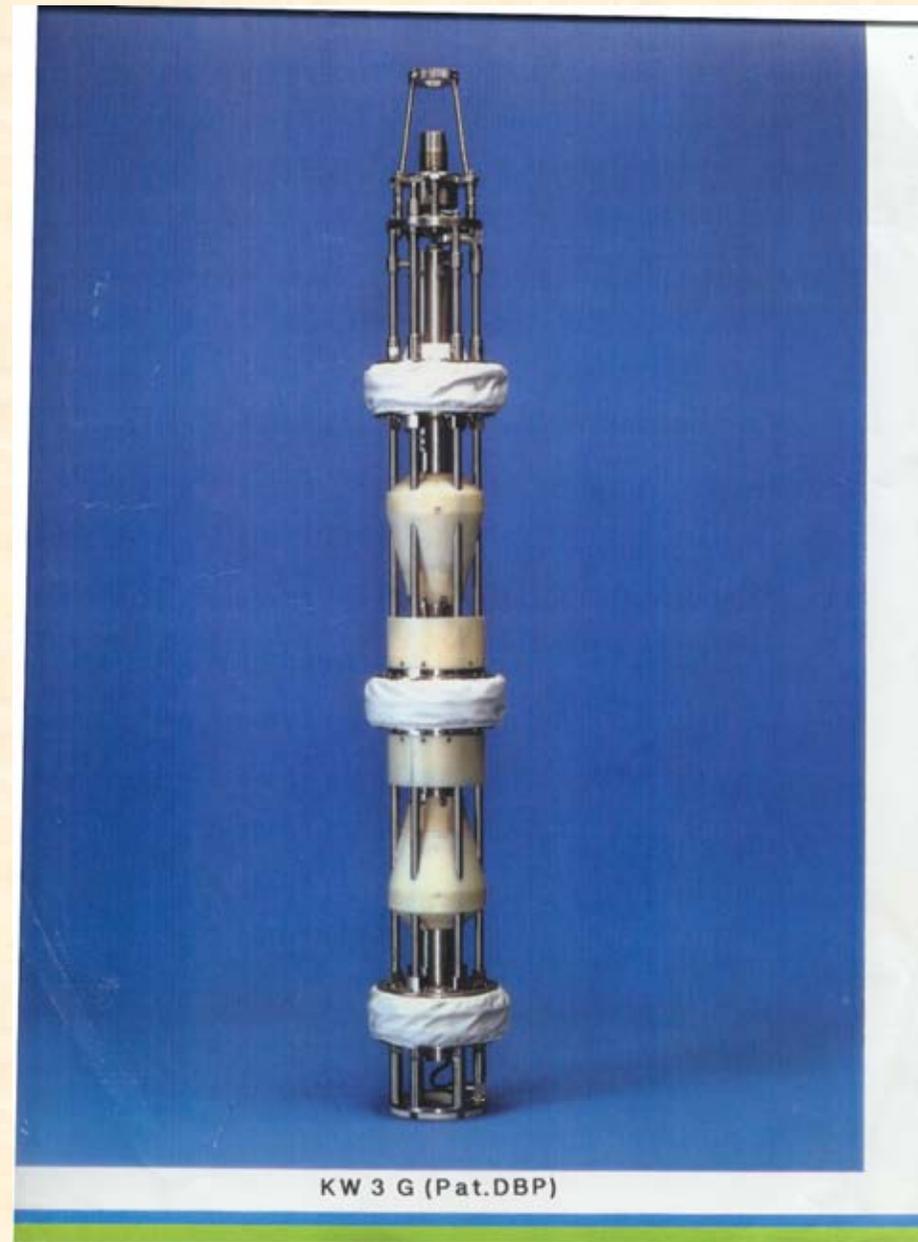
## INCRUSTACION Y CORROSION EN SONDEOS: TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y REGENERACION

Fabricante	Denominación	Características
Preussag	<i>Wessoclean</i>	Utilizado para todo tipo de incrustaciones; potente bactericida. Biodegradable, no tóxico ni contaminante. No corrosivo. Composición: ácidos orgánicos (cítrico y ascórbico). Se utiliza en concentraciones de 8 g/l a pH 2,5-3 (calentando puede disminuirse la concentración)
Johnson	<i>Nu-Well</i>	Comprimidos de ácido sulfámico con aditivos para aumentar su densidad y capacidad humectante, e inhibidores de corrosión. Biodegradable. Se emplea en soluciones al 30%.
Johnson	<i>J.W.R.</i>	El Johnson Well Generator (JWR) es un compuesto de ácidos químicamente puros, orgánicos y minerales, con aditivos e inhibidores de corrosión. Indicado para tratamiento de precipitados e incrustaciones de todo tipo: carbonatos, óxidos de Fe y Mn. Bactericida. Dos componentes que se mezclan antes de su inyección: bidones de 25 kg de solución base + 1 kg de ácido ascórbico.
Herli France	<i>Herli-Rapid TWB (Herli-FCM1) (Herli-FCM2)</i>	El H-R TWG es una combinación de ácidos orgánicos y minerales, agentes tensoactivos, inhibidores de corrosión y aditivos bio-degradables. Indicado para todo tipo de incrustaciones, potente bactericida. Se utiliza (en forma líquida) para incrustaciones carbonatadas, y con los aditivos FCM1 (ácido ascórbico) y FCM2 para tratamiento de incrustaciones de hierro y manganeso. No corrosivo. En su manejo se tomarán precauciones elementales, especialmente con las emanaciones gaseosas. No debe mezclarse con cloro ni derivados clorados.
Herli France	<i>Herlisil</i>	Desinfectante líquido a base de peróxido de hidrógeno y plata. No clorado. No contaminante, biodegradable.
Carela	<i>Bio-Plus forte</i>	Combinación de ácidos químicamente puros, con agentes humectantes e inhibidores de corrosión. Biodegradable. Indicado para todo tipo de incrustaciones. Potente bactericida. Mezcla de dos componentes: Carela Bio forte y Carela Plus (relación 30:1). Se emplean dosis del 10-15% del volumen de agua del tramo a tratar.

Tabla XXIX. Relación y breve descripción de algunos de los productos comerciales específicos para regeneración de sondeos.

# INCRUSTACION Y CORROSION EN SONDEOS: TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y REGENERACION





# INCRUSTACION Y CORROSION EN SONDEOS: TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y REGENERACION

Fabricante	Denominación	Características
Preussag	<i>Turbocleaner</i>	Equipo compuesto de doble cámara, con packers superior, medio e inferior. En cada cámara hay sendas bombas electrosumergidas, que fuerzan la circulación del agua y regenerante, bombeando e impulsando alternativamente.
Carela	<i>Carela Well-Champ</i>	Dispositivo que combina el cepillado mecánico (longitudinal+rotativo), con efecto de pistoneo e inyección a alta presión del regenerante. Se consigue así una circulación de doble sentido alternante, tanto horizontal como vertical, del regenerante.
Mecatec	<i>Kieswascher KW 3G</i>	Sistema de doble cámara, individualizadas mediante tres juegos de obturadores (packers). Entre ambas cámaras se provoca, mediante una bomba, un flujo reversible, forzando la circulación del fluido regenerante a través del filtro de grava. De esta forma se hace circular el regenerante en sentido horizontal y vertical, y con inversión periódica del sentido de flujo.  La versión más reciente (3G) dispone de control continuo ("on line") de parámetros físicos (resistencia al paso del fluido) y químicos ( <i>pH</i> , conductividad, contenido en iones de Fe, Mn, carbonatos, etc.), lo que permite optimizar los tiempos y volúmenes de regenerante a emplear en cada tramo filtrante.

Tabla XXX. Relación y breve descripción de algunos de los equipos específicos para regeneración de sondeos.

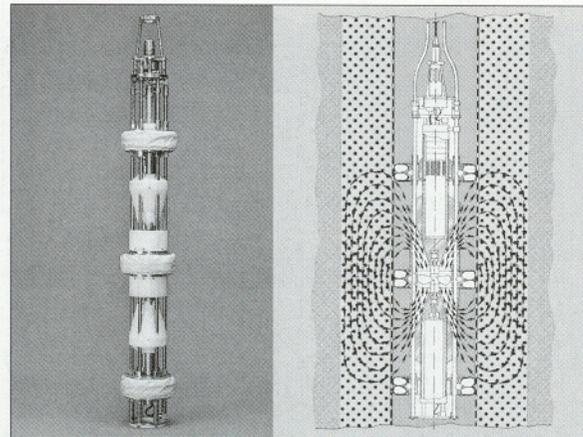


Fig. 10.39. Esquema de funcionamiento del dispositivo de regeneración Kieswascher KW 3G. (Cortesía de MECATEC).



Fig. 10.40. Detalle del dispositivo KW36 (foto J. Martínez).

# INCRUSTACION Y CORROSION EN SONDEOS: TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y REGENERACION

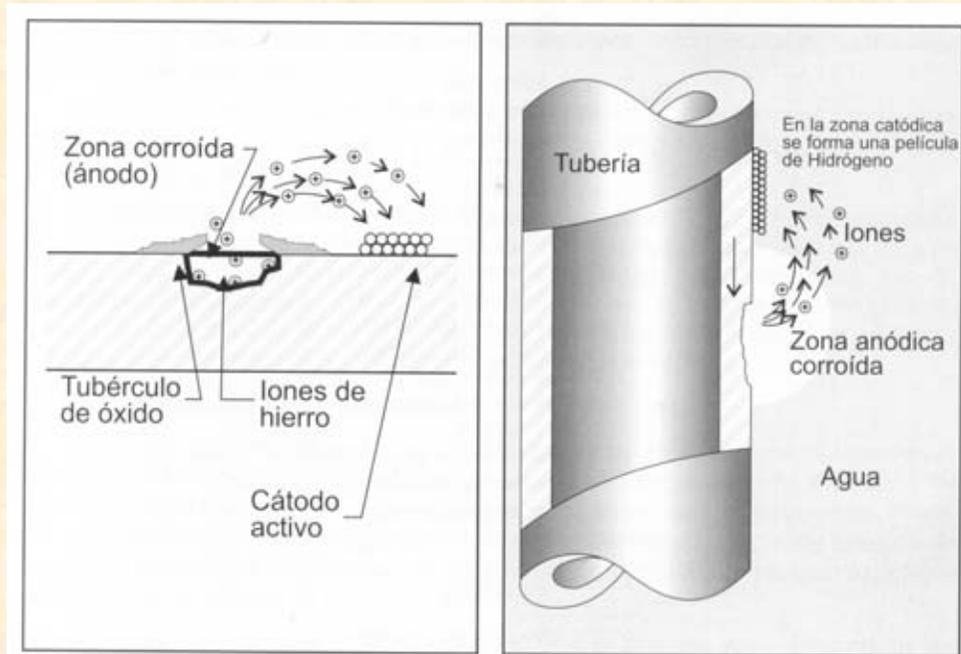


Fig. 10.45. Esquema de funcionamiento de la corrosión electrolítica en las tuberías de los sondeos.



Fig. 10.46. Corrosión de la tubería de chapa de acero al carbono en zona de soldadura entre tramos (foto TRAGSATEC).

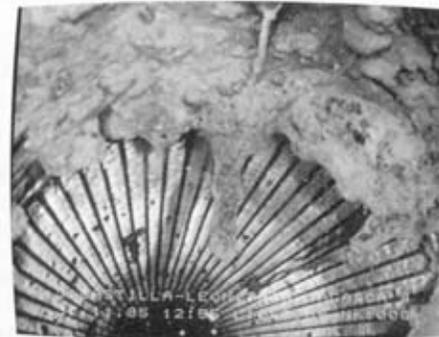
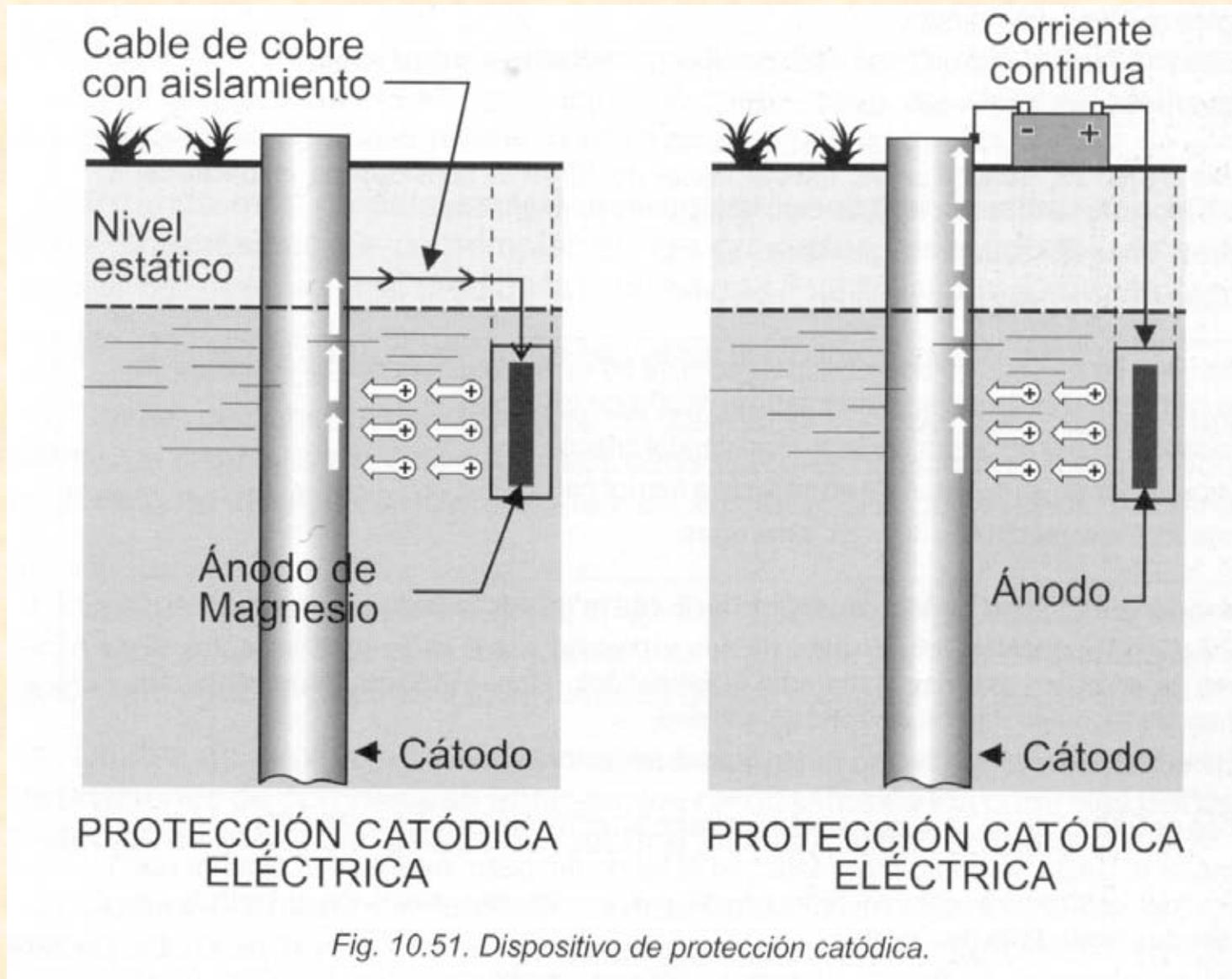


Fig. 10.47. Fenómenos de corrosión-incrustación en la zona de contacto entre un tramo de tubería ciega de chapa de acero al carbono y un filtro de acero inoxidable (foto TRAGSATEC).

# INCRUSTACION Y CORROSION EN SONDEOS: TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y REGENERACION

<i>Corrosión máxima (ánodo)</i>		
-	8Magnesio	
	Aleaciones de magnesio	
↑	Zinc	
	Aluminio 25	↓
	Cadmio	
C	Aluminio 17 S.T.	P
O	Acero al carbono	R
R	Acero cromado (activo)	O
R	Níquel	T
O	Acero inoxidable 18-8 (activo)	E
S	Plomo-estaño (soldadura)	C
I	Níquel-inconel (activo)	C
O	Cobre-aleaciones de cobre	I
N	Bronce	O
	Soldadura de plata	N
↑	Níquel-inconel (pasivo)	
	Acero cromado (pasivo)	
	Acero inoxidable 18-8 (pasivo)	↓
	Plata	
	Oro-platino	+
<i>Protección máxima (cátodo)</i>		

*Tabla XXXI. Serie galvánica (modificado de Lauga, 1990).*



# INCRUSTACION Y CORROSION EN SONDEOS: TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y REGENERACION

<i>Características del sondeo/diagnóstico/regeneración</i>	<i>Coste (%) Reg./sust.</i>
<p>Sondeo somero (20 m); de 2 años; caudal inicial de 20 m<sup>3</sup>/h, actual de 10 m<sup>3</sup>/h. Agua ferruginosa. Uso para regadío. <i>Diagnóstico:</i> Tratamiento químico y bacteriológico, cepillado, esterilización. <i>Resultado:</i> Recuperación del caudal inicial.</p>	53%
<p>Sondeo de 60 m; edad 6 años; caudal inicial de 50 m<sup>3</sup>/h considerado insuficiente. <i>Diagnóstico:</i> Desarrollo incompleto + incrustaciones ferruginosas. <i>Trabajos:</i> Tratamiento químico, pistoneo y air-lift. <i>Resultado:</i> 100 m<sup>3</sup>/h de producción.</p>	29%
<p>Sondeo de 180 m; edad 50 años; caudal inicial de 50 m<sup>3</sup>/h, abandonado por entradas de arena crecientes conforme se aumentaba el caudal de explotación. <i>Diagnóstico:</i> Explotación por encima de su caudal crítico. <i>Trabajos:</i> Ninguno, nueva puesta en servicio a menor caudal. <i>Resultado:</i> Explotación con 30 m<sup>3</sup>/h, sin arenas.</p>	3%
<p>Sondeo de 240 m; edad 7 años; caudal inicial de 165 m<sup>3</sup>/h, descendido a 100 m<sup>3</sup>/h. <i>Diagnóstico:</i> Entubación rota en dos puntos y desplazada con desprendimientos de terreno en el pozo; tuberías y material inadecuados. Rehabilitación aleatoria y muy costosa. Se recomienda el abandono del sondeo. <i>Trabajos:</i> Sondeo nuevo, tuberías de inoxidable (estación termal).</p>	-
<p>Sondeo de 288 m; edad 16 años; caudal inicial de 80 m<sup>3</sup>/h, descendido a 30 m<sup>3</sup>/h. <i>Diagnóstico:</i> Caída de bomba "olvidada" en el fondo del pozo, explotación anterior por encima del caudal crítico ha deteriorado el macizo filtrante, filtros no adaptados y enarenados hasta 15 m de altura. <i>Trabajos:</i> Extracción de filtros y de macizo filtrante, reprofundización de 50 m en el acuífero, instalación nueva. <i>Resultado:</i> Explotación con 30 m<sup>3</sup>/h, sin arenas.</p>	65%
<p>Sondeo de 638 m; edad 15 años; parada de explotación por entrada de agua salada. <i>Diagnóstico:</i> Entubación mal cementada y corroída, las perforaciones permiten entrada de agua de una capa salada antes aislada por la cementación. <i>Trabajos:</i> Encamisado con nuevas tuberías y cementación. <i>Resultado:</i> Retorno a la situación de origen.</p>	56%
<p>Sondeo de 750 m; edad 15 años; caudal inicial de 150 m<sup>3</sup>/h, ahora de 100 m<sup>3</sup>/h. <i>Diagnóstico:</i> Colmatación parcial de filtros. Probable contaminación del macizo filtrante. Incrustaciones, descenso de 5 m del nivel después de 15 años. <i>Trabajos:</i> Tratamiento químico y mecánico, desarrollo. <i>Resultado:</i> Retorno al caudal inicial (salvo la parte correspondiente al descenso de nivel).</p>	9%
<p>Sondeo de explotación petrolífera, entubado hasta 2500 m, abandonado, edad 21 años. <i>Diagnóstico:</i> Posible explotación geotermal. <i>Trabajos:</i> Limpieza del sondeo hasta 1900 m, ranurado de la tubería entre 1700 y 1800 m. <i>Resultado:</i> Producción surgente de 125 m<sup>3</sup>/h a 75 °C.</p>	20%

*Tabla XXXIII. Cuadro-resumen de varios casos reales de regeneración de sondeos, con evaluación de la relación costes de regeneración/sustitución. (Traducido de B.R.G.M).*