Envejecimiento abiótico en pozos de agua entubados metálicamente

Resumen

Abstract

Introducción

Acumulación de partículas

Precipitaciones de hierro y manganeso

Precipitaciones de carbonatos

Log físico-químicos en pozos de agua

Identificación de costras

Registros ópticos de video televisión en color (ROVTS)

Conclusiones

Referencias bibliográficas

Envejecimiento abiótico en pozos de agua entubados metálicamente

Maldonado Zamora, A. [1], **Carrión Mero, P.** [2]

RESUMEN.

El presente trabajo pretende exponer los factores principales y los resultados de medidas de los parámetros que controlan los procesos de envejecimiento abiótico de los pozos de agua entubados metálicamente. Los resultados ofrecidos se refieren al acuífero de Madrid. También se exponen las técnicas de control del proceso de envejecimiento y algunos resultados obtenidos.

El estudio de los parámetros de Eh, pH, O_2 y T sirven para predecir la evolución abiótica del pozo.

Las técnicas de control: recogida y análisis de precipitados (costras), así como los registros ópticos de video-televisión (ROVT) sirven para valorar el envejecimiento abiótico sufrido en un pozo de agua.

ABSTRACT.

This study pretends to present the main factors and the results of measures of the parameters which control the processes of ABIOTIC aging in water wells fitted with metallic pipes. The results refer to the Madrid aquifer. The techniques of the control of the aging process and some of the results obtained are also presented.

The study of Eh, pH, O_2 and Temperature parameters serve to predict the ABIOTIC evolution of the well.

The control techniques: collection and analysis of the precipitated crust as well as the registry of optical video television serve to evaluate the ABIOTIC aging suffered in a water well.

INTRODUCCIÓN.

La causa fundamental del envejecimiento abiótico en pozos de agua entubados metálicamente se debe, principalmente, a la migración de partículas y a las reacciones químicas que se producen en el interior del pozo que darán lugar a las costras. En todo pozo hay que diferenciar dos zonas fundamentalmente: la zona rica en oxígeno (diferencia entre el nivel estático y dinámico) y la zona pobre en oxígeno (por debajo del nivel dinámico). Las reacciones mineralógicas van a ser diferentes en relación a la profundidad que se produce (diferente contenido en oxígeno), así como la vida biótica bacteriana.

La composición hidroquímica del agua va a ser también fundamental en la formación y estabilidad de los minerales que darán lugar a las costras. A su vez los valores de pH, Eh, temperatura, presión, etc. van a condicionar la formación de las costras, así como su lixiviado en las tareas de regeneración.

Por tanto, conocer el quimismo del agua, las variaciones de los parámetros pH, Eh, temperatura, presión, etc., son fundamentales para predecir la evolución biótica y abiótica del envejecimiento de un pozo.

Las testificaciones químico-físicas de Eh, pH, T y contenido en O_2 van a permitir conocer la evolución de la estabilidad mineralógica del quimismo de las costras. Los registros ópticos de vídeo-televisión van a permitir visionar en el interior del pozo los problemas de incrustación.

ACUMULACIÓN DE PARTÍCULAS.

La acumulación de partículas finas alrededor de las rejillas y en el entorno de la tubería ciega disminuyen el rendimiento de los filtros. En el interior del pozo las partículas pueden introducirse en el período de construcción del mismo, o también posteriormente por el mal diseño y labores de acondicionamiento del pozo que inciden en la acumulación de partículas en el interior del pozo (mal diseño de la tubería, inadecuado desarrollo del pozo, excesivos bombeos, etc.).

También se propician los problemas cuando la tubería filtrante (rejilla) no está correctamente colocada en su posición y coincide con un tramo de finos. Otro factor que incide es la estandarización en la colocación de filtros, actividad que busca cortar las tuberías en partes iguales, sin mencionar el problema del enarenamiento, que se produce por el mal diseño del tamaño de abertura de los filtros, incidiendo en la entrada de la arena del acuífero al interior del pozo. Puede que

[1] Depto. de Ing. Geológica - Escuela de Minas - U.P.M.
[2] Escuela Superior Politécnica del Litoral - Ecuador)

este hecho se produzca en una tubería por acción de la corrosión que agranda el filtro al destruir su estructura metálica. Este último caso es producto de la falta de mantenimiento. Un inadecuado desarrollo del pozo presenta los problemas de una contaminación ocasionada por el lodo de perforación, o una contaminación debida a polifosfatos en las rejillas. Bien es cierto que todos estos problemas son remediados oportunamente con la aplicación de las mejores técnicas de desarrollo de un pozo de agua, que hoy se basan en el empleo de obturadores asegurando un desarrollo sectorial filtro a filtro.

Hay unos factores de operación que también pueden repercutir en la acumulación de partículas, así es el caso de un bombeo mayor al conveniente que ocasiona el arrastre de finos, como también se puede producir el desgaste por erosión de la tubería, con lo cual se produce un cambio de las condiciones físico-químicas favoreciendo a la tubería metálica para que ocurran precipitaciones que se acumulen en las rejillas o filtros. Otro problema puede ser el causado por una serie de bombeos intermitentes que provoquen esfuerzos y tensiones en las partículas gruesas ocasionando su partición y por ende la entrada de material al pozo.

PRECIPITACIONES DE HIERRO Y MANGANESO.

Estos elementos se encuentran en la forma divalente como iones disueltos en el agua (Fe^{2+}, Mn^{2+}) o como sólidos (FeS_2, $FeCO_3$) o en una forma de mayor valencia oxidada (Fe^{+3}, Mn^{+3}, Mn^{+4}), los cuales pueden formar precipitados de $Fe(OH)_3$, MnO_2. La solubilidad del Fe y Mn son afectadas por el pH y el Eh del agua y la presencia de microorganismos, moléculas orgánicas, dióxido de carbono, sulfuros. En la Figura 1 podemos ver el diagrama estabilidad mineralógica del Fe-O-H en condiciones standard.

PRECIPITACIONES DE CARBONATOS.

Es de vital importancia el papel que desempeña el sistema carbonato-dióxido de carbono en el equilibrio del agua subterránea. Comprende $CO_2(g)$, ácido carbónico conteniendo CO_2 (aq) y H_2CO_3 (aq), el ión bicarbonato, el ión carbonato y carbonatos sólidos como el carbonato de calcio, entre otros. También intervienen y son importantes los iones de hidrógeno y oxidrilo. Las especies mencionadas son reguladas por las siguientes ecuaciones:

$$CO_2(g) \leftrightarrow H_2CO_3$$
$$H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H^+CO_3^{-2}$$
$$CO_3^{-2} + Ca^{+2} \leftrightarrow CaCO_3(s)$$

A valores altos de pH el carbonato de calcio es menos soluble y puede precipitar. Si este fenómeno se produce alrededor de los filtros, el rendimiento disminuiría ostensiblemente. No obstante, controlar el diagrama Eh-pH para el CO_3Ca nos permite conocer la estabilidad mineralógica del mismo.

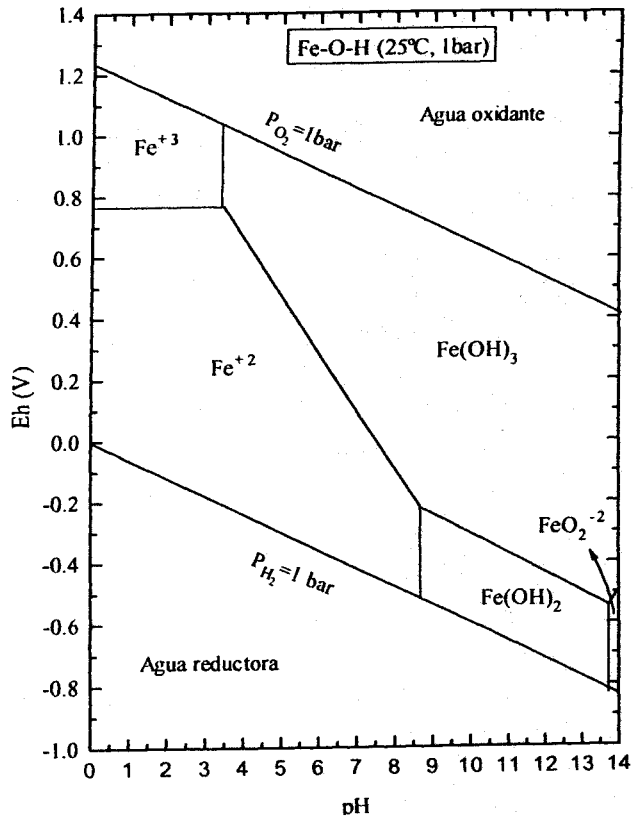

Fig. 1.- Diagrama de estabilidad Eh-pH para el sistema Fe-O-H en condiciones standard según BROOKINS (obsérvese la zona oxidante y reductora del agua).

LOG QUÍMICO-FÍSICOS EN POZOS DE AGUA.

La formación y estabilidad de las costras de Fe, Ca y Mn viene controlada por los parámetros químico físicos de Eh, pH, O_2 y T como más importantes.

Con objeto de conocer la variación del Eh, pH, O_2, T en los pozos se realizan logs de los parámetros químico-físicos anteriores. En las Figuras 2, 3 y 4 se presentan 3 logs de Eh, pH y O_2 en los pozos del acuífero de Madrid. Estos logs han sido realizados por un equipo cuyos rangos de medida han sido los de la tabla.

Los resultados obtenidos en estos log son típicos en el acuífero de Madrid, al menos los log de Eh y pH. El log de O_2 presentaba la particularidad de tener un nivel de agua colgada (Fig. nº 4).

IDENTIFICACIÓN DE COSTRAS.

La identificación de las costras y su desarrollo en un pozo de agua se obtiene, en primer lugar, mediante los ROVT y posteriormente se realizan tomas directamente sobre las paredes del pozo o mejor sobre la tubería de la bomba de aspiración. Es obvio que la

Parámetro	Ambito	Exactitud	Tipo de electrodo
Temperatura	0-50 °C	± 0,1 °C	P_t 100
pH	2-13	± 0,1 pH	Electrodo de vidrio
Oxígeno disuelto	0-20 mg/l	± 0,3 mg/l	Oro/plata
Potencial Redox	0 ± 1000 mV	± 0,3 mV	Platino

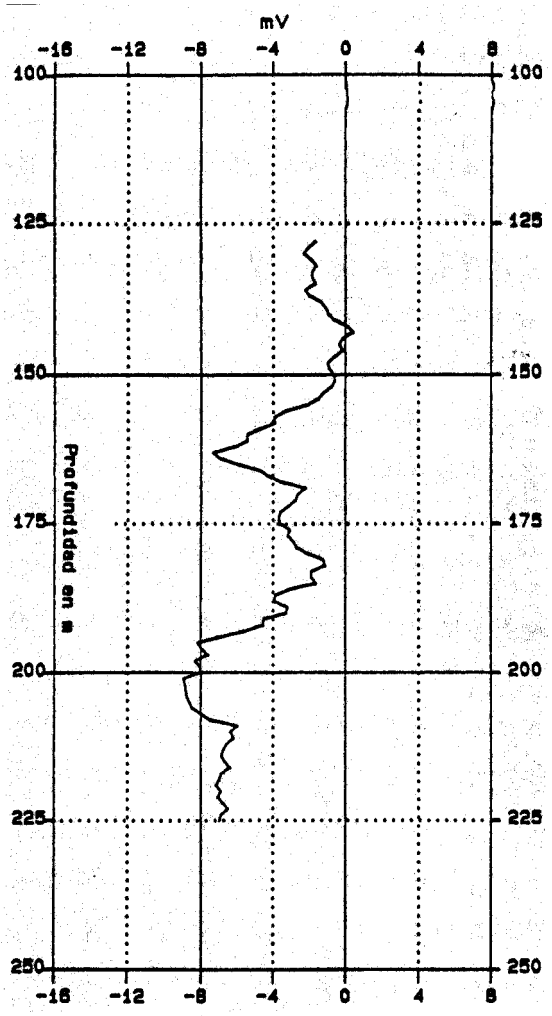

Fig. 2.- Registro de Eh

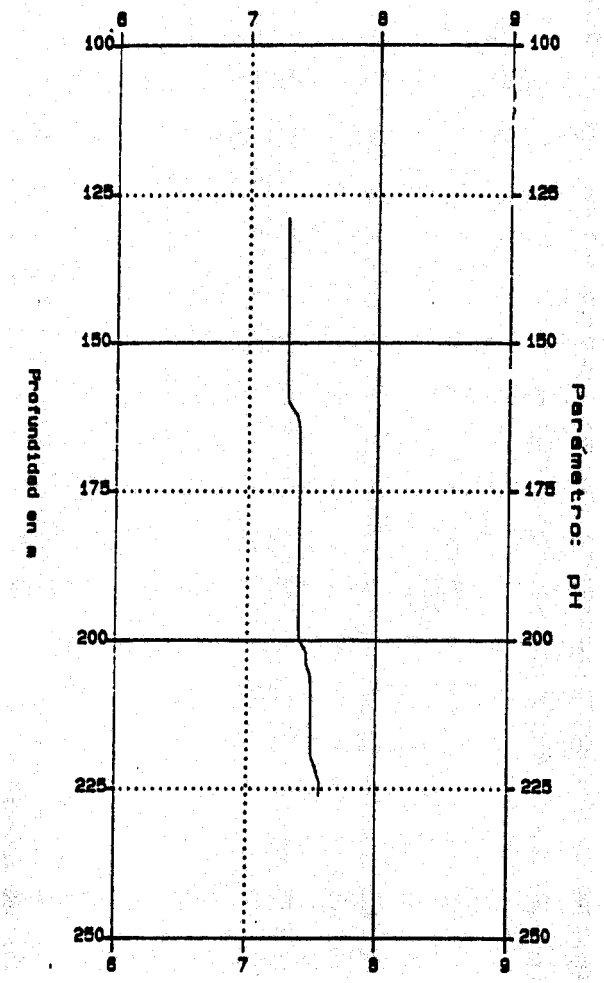

Fig. 3.- Registro de pH

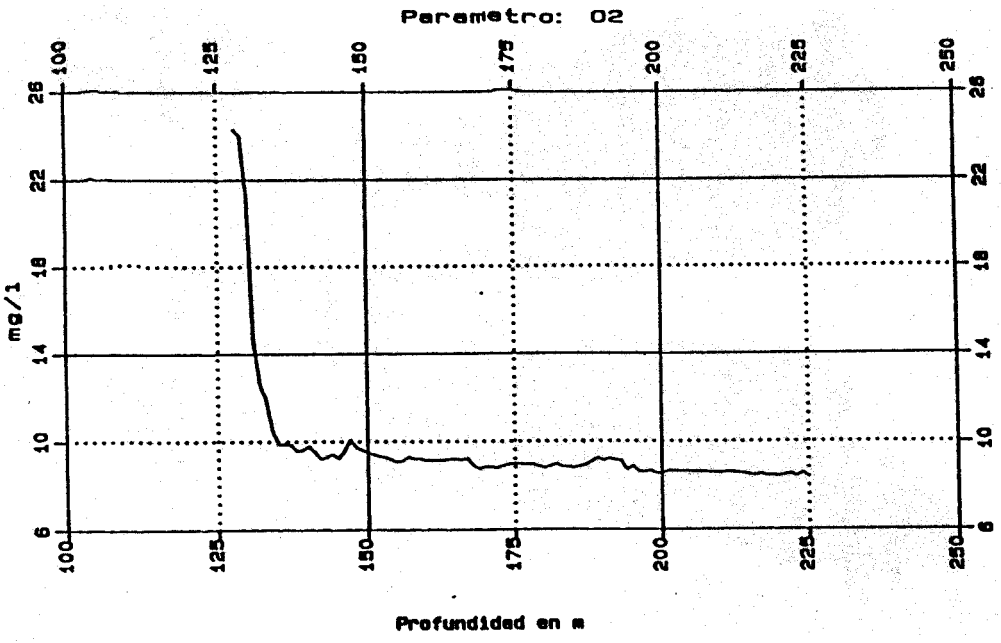

Fig. 4.- Registro de O_2 en un pozo del acuífero de Madrid.

Fig. 5.- Costras de magnetita en la tubería de la bomba del pozo. Acuífero de Madrid.

recogida de las muestras y su posterior análisis deben realizarse de forma rápida para evitar alteraciones de la misma. En la Fig. nº 5 se expone una fotografía con costras de magnetita en zona reductora sobre la tubería de la bomba. Al menos dos muestras, una de roca oxidante y otra de reductora se recogen y se analizan con difractometría de rayos X.

La Fig. nº 6 expone los resultados de la difractometría de rayos X de una muestra.

La Tabla nº 1 expone algunos análisis de costras realizados por difracción de rayos X en 4 pozos diferentes. Se observan los minerales principales y los secundarios.

REGISTROS ÓPTICOS DE VIDEO TELEVISÓN EN COLOR (ROVTS)

El desarrollo tecnológico de los equipos de vídeo televisión en los últimos tiempos ha repercutido en su utilización en la Hidrogeología, sobre todo como elementos de inspección y de diagnóstico de varias etapas relacionadas con la "vida" útil de un pozo de agua. Actualmente se puede trabajar con presiones de 1000 m de columna de agua y existen dos cámaras comerciales: la axial-radial y la de espejos. Esta última permite hacer "zoom". En la Fig. nº 7 se expone una visión de una fotografía obtenida con cámara de espejos con zoom. El videado de un pozo, hoy en día, constituye una de las tecnologías imprescindibles para valorar el estado interior del pozo.

CONCLUSIONES.

El análisis del quimismo del agua de un pozo y los registros químico-físicos de pH, Eh, O_2 y T permiten predecir el comportamiento abiótico de un pozo en condiciones normales de explotación. Los registros ópticos de vídeo televisión (ROVT) y los análisis de costras son las herramientas básicas para valorar el grado de envejecimiento abiótico que ha sufrido un pozo.

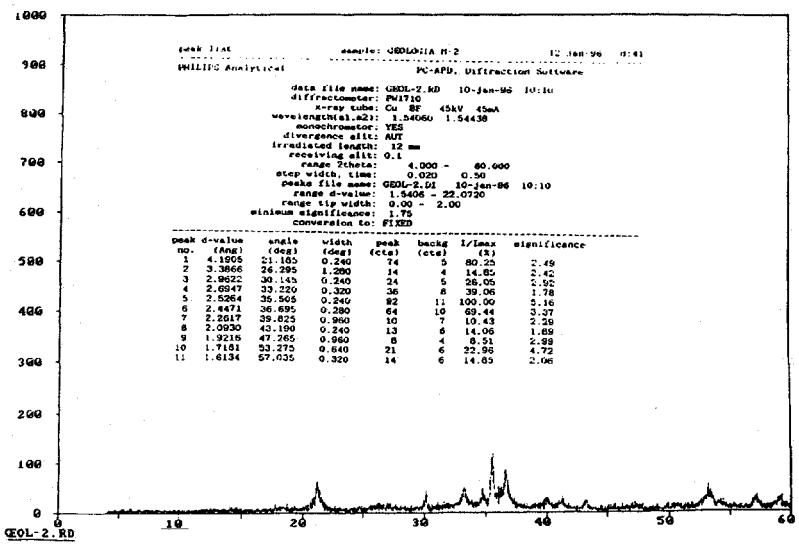

Fig. 6.- Ensayo de difractometría de rayos X de una costra de pozo de agua.

ELC-23 a ELC-25	As pontes (La Coruña) (119 m)	Oligisto	
ELC-26 a ELC-36	Monterrey-Torrelaguna (Madrid) Muestra promedio	Goethita Magnetita	
	PT-1 - Torrelaguna (Madrid) Muestra promedio	Goethita Magnetita	Calcita Cuarzo
	PT-4 - Torrelaguna (Madrid) Muestra promedio	Calcita Dolomita	Aragonito Cuarzo

TABLA 1

Fig. nº 7.- Fotografía de la pared de un pozo obtenido del ROVT a 60'3 m de profundidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALLEN, M.; TAYLOR, R.; GELDREICH, E. (1980). The ocurrence of microorganisms in water main encrustations. Journal AWWA. Research and Technology, 614-625.

BARNES, I.; CLARKE, F. (1969). Chemical properties of grounwater and their corrosion and encrustation effects on well. United States Geological Survey Professional Paper. 498, 37.

BARNUM, D. (1982). The Eh-pH boundary of natural environments. Journal de Chemical Education. 59 (10): 809-812.

CARRIÓN, P. (1996). Estudios geoambiental del envejecimiento de tuberías metálicas. Aplicación a los pozos de agua. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

DETAY, Michel (1993). Le forage d'eau. Masson, S.A. París.