

BOLETÍN TÉCNICO N° 2

REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO POR AIREACION

Determinar la cantidad teórica de aire que se necesita para oxidar y precipitar el hierro y/o el manganeso del agua es tarea sencilla. La cantidad real de aire podrá luego estimarse con bastante exactitud para poder determinar el tipo correcto de Inyector Mazzei a utilizar y las condiciones de operación recomendadas para ese inyector.

A. Química del Agua

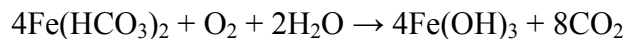
El pH del agua es un parámetro crítico para el proceso de oxidación y precipitación de hierro y manganeso. Para la oxidación del hierro por aireación, el pH del agua deberá ser de por lo menos 7.2 e idealmente deberá mantenerse entre 7.5 y 8.0. Si hay manganeso presente, el pH mínimo recomendado es de 9.5. Por debajo de ese nivel de pH, la oxidación del manganeso por aireación se vuelve bastante lenta. En aguas de reducido pH o con bajos niveles de alcalinidad, podrá ser necesario agregar materiales alcalinos suplementarios, tal como hidróxido de sodio, a fin de elevar el pH del agua.

B. Otros Factores

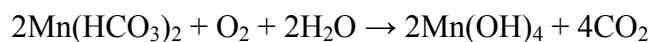
La oxidación del hierro y del manganeso por aireación no es instantánea. Por este motivo, se aconseja emplear un tanque de retención o contacto que permita suficiente tiempo de permanencia para que la oxidación y precipitación sean completas. Dependiendo de cuáles sean las condiciones reales, los tiempos de contacto pueden variar entre 5 y 15 minutos.

C. Fórmulas

La siguiente reacción describe el proceso de oxidación del hierro ferroso por el oxígeno



La siguiente reacción describe el proceso de oxidación del manganeso manganoso por el oxígeno



D. Relaciones (*Ratios*)

1. Hierro

El peso atómico del hierro es 55.847. Cuando una molécula de oxígeno reacciona con cuatro átomos de hierro, el peso de la reacción del hierro es cuatro veces ese peso, o sea 223.39. El peso molecular del oxígeno es

31.999. La relación de la reacción es entonces $(31.999) / (223.39) = 0.1432$. Esto significa que se requieren 0.1432 mg/l de oxígeno por cada mg/l de hierro (expresado como hierro).

2. Manganeso

El peso atómico del manganeso es 54.938. Cuando dos átomos de manganeso reaccionan con una molécula de oxígeno, el peso de la reacción del manganeso es el doble de ese valor, o sea 109.88. El peso molecular del oxígeno es 31.999. La relación de la reacción es entonces $(31.999) / (109.88) = 0.2912$. Esto significa que se requieren 0.2912 mg/l de oxígeno por cada mg/l de manganeso (expresado como manganeso).

E. Residual de Oxígeno

Deberá inyectarse suficiente aire para poder mantener el residual de oxígeno requerido. Mantener un residual de oxígeno sirve varios propósitos. Primero, suministra un “búfer” de oxígeno para reaccionar con aumentos repentinos de hierro o manganeso. Segundo, produce un agua de mejor sabor. En tercer lugar, el aire requerido para mantener el residual de oxígeno facilita el mezclado para que el hierro y el manganeso reaccionen rápida y eficazmente con el oxígeno.

Un valor de oxígeno residual aceptado es 5.0 mg/l. Se deberá inyectar suficiente aire para mantener este nivel. El nivel inicial de oxígeno en aguas que contienen hierro y/o manganeso es generalmente cero. Si hubiera un residual inicial de oxígeno presente, éste deberá restarse del nivel deseado de 5.0 mg/l para determinar la cantidad de oxígeno requerida.

F. Oxígeno Teórico Requerido

La cantidad teórica de oxígeno requerida para oxidar el hierro y el manganeso puede calcularse por medio de la siguiente fórmula:

Oxígeno requerido = $X_f \cdot (\text{Fe}) + X_m \cdot (\text{Mn}) + R$, donde

X_f	=	Factor de reacción del hierro
(Fe)	=	Concentración de hierro en mg/l
X_m	=	Factor de reacción del manganeso
(Mn)	=	Concentración de manganeso en mg/l
R	=	Residual final de oxígeno = $(5.0 - \text{Oxígeno Inicial})$ en mg/l

Un ejemplo para (Fe) = 10 mg/l, (Mn) = 2.5 mg/l y Oxígeno Inicial = 0.0 mg/l:

$$\begin{aligned}\text{Oxígeno Requerido} &= (0.1432)(10) + (0.2912)(2.5) + (5.0 - 0.0) \\ &= 1.432 + 0.728 + 5.0 \\ &= 7.16 \text{ mg por litro de flujo de agua}\end{aligned}$$

G. Aire Teórico Requerido

El aire tiene una densidad de 1.2047 g/l a 20°C y a 1.0 atmósfera de presión. En estas mismas condiciones, el aire contiene 20.95% de oxígeno. Por lo tanto, cada litro de aire contiene $(1.2047 \text{ g/l}) (0.2095) = 0.2524 \text{ g/l}$ de oxígeno = 252.4 mg/l de oxígeno. Para determinar la cantidad teórica de aire requerida para la oxidación del hierro y del manganeso, deberá conocerse el caudal de agua. Si se conocen los niveles de hierro y manganeso, una unidad conveniente de flujo sería “por cada 1000 litros”.

Por ejemplo, si utilizamos los niveles de contaminante del ejemplo anterior y un caudal de 100 l/min, la cantidad teórica de aire requerida sería:

$$[(100 \text{ l/min})(7.16 \text{ mg/l})] / (252.4 \text{ mg/l}) = 2.84 \text{ l/min de aire}$$

Utilizando este valor, la cantidad teórica de aire requerida sería de 28.4 litros por cada 1000 litros de agua.

H. Cantidad Real de Aire Requerida

En los Inyectores Mazzei la eficacia de transferencia de oxígeno de los dispositivos de aireación varía entre un mínimo de $\pm 5\%$ y un máximo de 25% a 35%. Una cifra conservadora para Inyectores Mazzei sería del 25%, cifra ésta respaldada por datos de laboratorio y de campo. Esto significa que la cantidad real de aire requerida es de aproximadamente cuatro veces la cantidad teórica de aire requerida.

En los ejemplos anteriores, si la cantidad teórica de aire requerida es de 2.84 l/min (28.4 litros por cada 1000 litros de agua), la cantidad real de aire requerida sería de cuatro veces esta cantidad, o sea 11.4 l/min (113.6 litros por cada 1000 litros de agua). Dependiendo de circunstancias particulares, sería prudente agregar a esta cantidad un “factor de seguridad” adicional del 10% al 20%.

Ayuda para convertir a Unidades del Sistema Inglés:

$$1 \text{ l/m de caudal de agua} = 0.264 \text{ gal/min}$$

$$1 \text{ gal/min de caudal de agua} = 3.785 \text{ l/m}$$

$$1 \text{ l/m de caudal de aire} = 0.03531 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{min de caudal de aire} = 28.3 \text{ l/m}$$
