

WEBINAR

Catalizadores

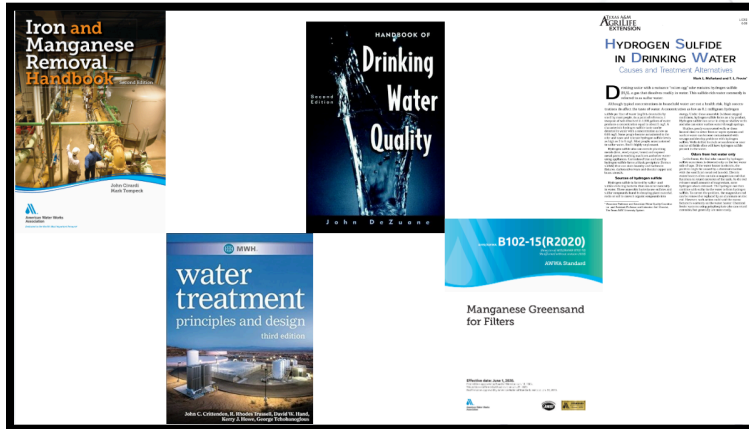
Para retener > hierro > manganeso y > sulfuro de hidrógeno presentes en agua.

IMPARTIDO POR:
GERMÁN GROSO
CARBOTECNIA

El nombre de la molécula H_2S es sulfuro de hidrógeno. Es un gas a condiciones ambientales en La Tierra. Es soluble en agua. Cuando está disuelto en agua se le puede llamar ácido sulfhídrico. Este nombre se le da cuando está presente en concentraciones relativamente altas. Consideramos que la concentración de H_2S en fuentes naturales de agua es baja y que, cuando se le va a separar con el objeto de purificar el agua, es más correcto nombrarlo sulfuro de hidrógeno.



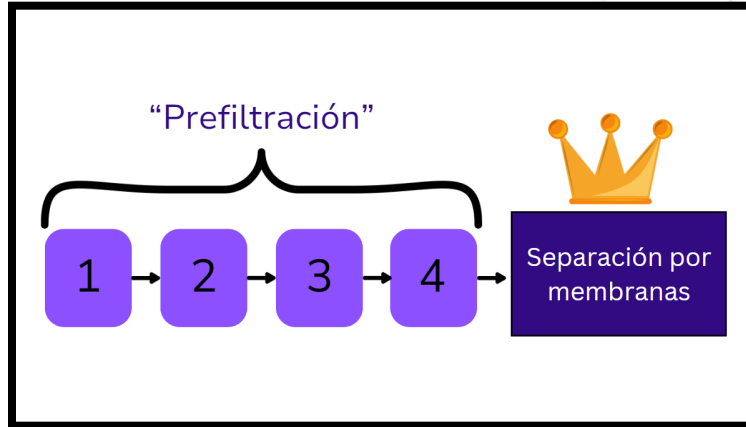
Como en todo webinar, les recordamos que quienes formamos el equipo de atención a clientes, con gusto lo acompañaremos en sus proyectos.



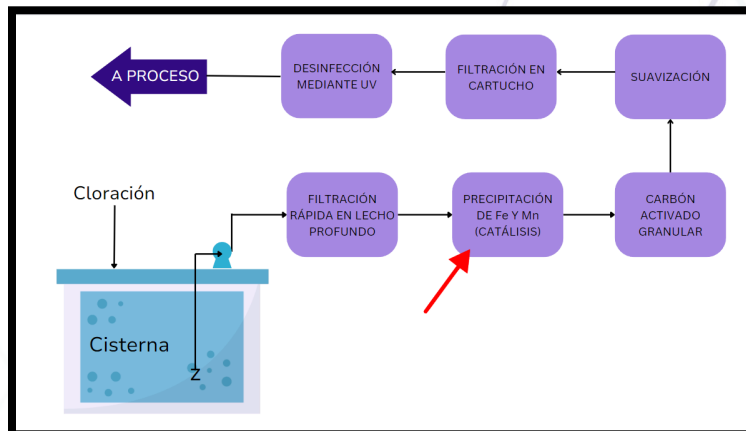
La purificación de agua que contiene hierro, manganeso o sulfuro de hidrógeno es un tema particularmente relacionado con la “química del agua”. Esto es, con la química de las moléculas que ionizan en agua. Existe una bibliografía extensa sobre este tema.



Ya que hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno son tres iones muy específicos (el sulfuro de hidrógeno en bajas concentraciones está presente como ion sulfuro), su separación del agua no figura entre los procesos de separación que más utiliza el ser humano.



No obstante, su separación del agua sí es uno de los procesos de purificación de agua más comunes. Es un proceso que pertenece a los actualmente llamados “procesos de prefiltración”, un tanto despreciados en relación con los procesos de separación por membranas (en los que la ósmosis inversa es el más conocido y utilizado). En Carbotecnia consideramos que los procesos de “prefiltración” son tan importantes como los de separación por membranas ya que si no se dimensionan y operan adecuadamente, las membranas se tapan con rapidez, lo que resulta muy costoso.



Cuando es necesario separar hierro, manganeso o sulfuro de hidrógeno de agua que se purifica, suele hacerse después de la filtración (que suele hacerse en lecho profundo aunque puede hacerse con otros tipos de filtros, según convenga) y antes de la adsorción/decloración mediante carbón activado granular. Siempre hay que constatar que cada etapa en un tren de tratamiento es realmente necesaria y siempre hay que medir de alguna manera el desempeño de todas ellas.

NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021

Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

5.4 Metales y metaloides:

Tabla 4 - Especificaciones sanitarias de metales y metaloides

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Hierro	0.30	mg/L
Manganeso	0.15	mg/L

NOTA 1 Los límites permisibles de metales y metaloides se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

5.3 Químicas:

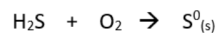
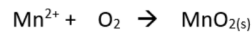
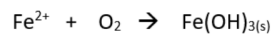
Tabla 2 - Especificaciones sanitarias químicas

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	400.00	mg/L

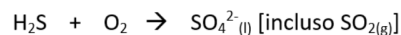
La norma de potabilidad, NOM-127-SSA1-2021 establece límites en la concentración de hierro y manganeso, aunque no en la de sulfuro de hidrógeno. Limita la concentración de sulfatos. Lo mostramos porque en el proceso de separación de sulfuro de hidrógeno del agua, parte de este puede convertirse en sulfatos. No obstante, cuando un agua de una fuente natural contiene sulfuro de hidrógeno, la concentración del mismo en términos de mg/L es mucho menor que el límite permisible de sulfatos de acuerdo con la norma.

Principio de retención de hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno contenidos en agua

Si se oxidan, precipitan. Es decir, forman compuestos sólidos:



En condiciones más oxidantes:



El método para separar hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno del agua es mediante un proceso de oxidación. Como resultado de este proceso, los tres se transforman en un sólido: el hierro en hidróxido férrico, el manganeso en dióxido de manganeso y el sulfuro de hidrógeno en azufre elemental. En condiciones más oxidantes (mayor concentración del oxidante y otras), el sulfuro de hidrógeno puede convertirse en ion sulfato, que permanece disuelto en el agua.

Oxidantes de hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno

O ₂	• Oxígeno
HOCl, OCl ⁻	• Cloro libre (se forma cuando se dosifica al agua hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio o cloro gas)
KMnO ₄ , NaMnO ₄	• Permanganato de sodio o potasio
H ₂ O ₂	• Peróxido de Hidrógeno
ClO ₂	• Dióxido de cloro

Cualquier oxidante inorgánico de los que se utilizan en la industria y en la sociedad realiza la función de oxidar hierro, manganeso o sulfuro de hidrógeno.

Reacciones de oxidación de hierro soluble para precipitarlo como hidróxido férrico

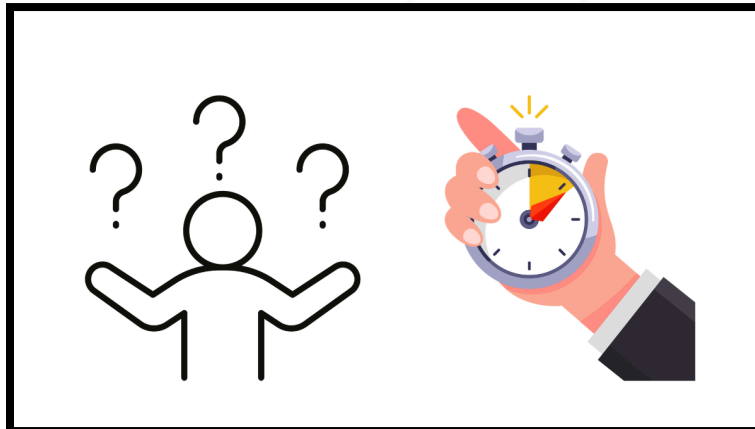
Oxidante	Reacción	mg de oxidante/mg Fe ²⁺
Oxígeno	$2 \text{Fe}^{2+} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 5 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Fe(OH)}_{3(s)} + 4 \text{H}^+$	0.14
Ozono	$2 \text{Fe}^{2+} + \text{O}_3 + 5 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Fe(OH)}_{3(s)} + \text{O}_2 + 4 \text{H}^+$	0.43
Cloro libre	$2 \text{Fe}^{2+} + \text{HOCl} + 5 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Fe(OH)}_{3(s)} + \text{Cl}^- + 5 \text{H}^+$	0.47 [o bien, 0.64 en términos de Cl ₂ , ya que una molécula de Cl _{2(g)} produce una molécula de HOCl _(l) , un ion Cl ⁻ y un ion H ⁺]
Permanganato de potasio	$3 \text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 7 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{Fe(OH)}_{3(s)} + \text{MnO}_{2(s)} + 5 \text{H}^+$	0.94 (en términos de KMnO ₄)
Dióxido de cloro	$5 \text{Fe}^{2+} + \text{ClO}_2 + 13 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 5 \text{Fe(OH)}_{3(s)} + \text{Cl}^- + 11 \text{H}^+$	0.24

En esta imagen aparecen las reacciones estequiométricas de oxidación de hierro con distintos oxidantes.

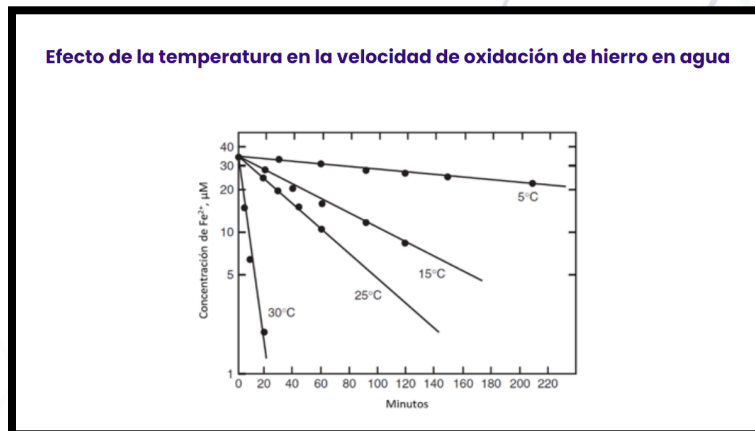
Reacciones de oxidación de manganeso soluble para precipitarlo como dióxido de manganeso

Oxidante	Reacción	mg de oxidante/mg Mn ²⁺
Oxígeno	$\text{Mn}^{2+} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_{2(s)} + 2 \text{H}^+$	0.29
Ozono	$\text{Mn}^{2+} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_{2(s)} + \text{O}_2 + 2 \text{H}^+$	0.88
Cloro libre	$\text{Mn}^{2+} + \text{HOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_{2(s)} + \text{Cl}^- + 3 \text{H}^+$	1.30
Permanganato de potasio	$3 \text{Mn}^{2+} + 2 \text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 5 \text{MnO}_{2(s)} + 4 \text{H}^+$	1.92
Dióxido de cloro	$\text{Mn}^{2+} + 2 \text{ClO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_{2(s)} + 2 \text{ClO}_2^- + 4 \text{H}^+$	2.45

En esta imagen aparecen las reacciones estequiométricas de oxidación de manganeso con distintos oxidantes.



El sulfuro de hidrógeno se oxida totalmente en un tiempo aproximado de 20 min (siempre y cuando el oxidante se haya mezclado homogéneamente en el agua). El hierro requiere varias horas. El manganeso requiere muchas horas más. El tiempo de reacción puede lograrse si se tiene un tanque o cisterna de tamaño suficiente, aunque ello cuesta y si no hay espacio suficiente, es imposible lograrlo.



A mayor temperatura, la velocidad de la reacción de oxidación aumenta sustancialmente, pero el tiempo requerido para la reacción sigue siendo un problema importante a resolver.

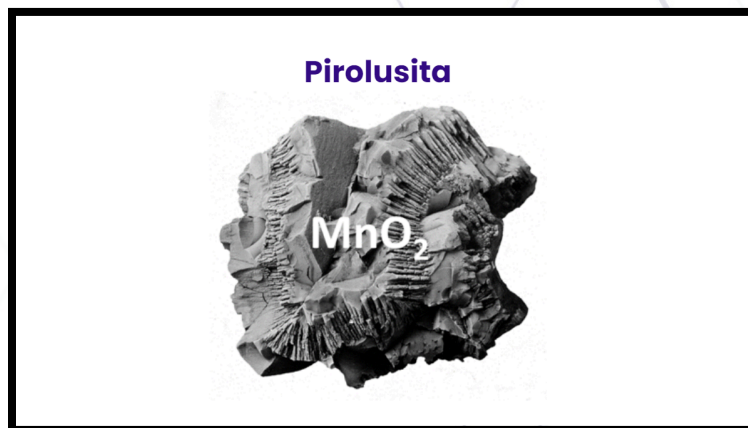
Mecanismo de reacción (sugerido) de la oxidación de manganeso:

- (1) $\text{Mn}^{2+} + \text{O}_2 \rightarrow \text{MnO}_{2(s)}$ Reacción lenta
- (2) $\text{Mn}^{2+} + \text{MnO}_{2(s)} \rightarrow \text{Mn}^{2+} \cdot \text{MnO}_{2(s)}$ Reacción (adsorción) rápida
- (3) $\text{Mn}^{2+} \cdot \text{MnO}_{2(s)} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MnO}_{2(s)}$ Reacción lenta

Es una reacción autocatalítica.

Si agregamos partículas de dióxido de manganeso al reactor en el que llevamos a cabo la oxidación, aceleramos la reacción

En esta imagen se muestra un hecho interesante. El manganeso se oxida lentamente para formar dióxido de manganeso, que es un sólido. Cuando este sólido se encuentra suspendido en el agua en la que está ocurriendo la reacción, con rapidez adsorbe iones de manganeso. Posteriormente, cuando otra molécula oxidante llega a las paredes de la partícula de dióxido de manganeso que ha atrapado al ion de manganeso, este último se oxida y forma más dióxido de manganeso sólido. El conjunto de las tres reacciones es una reacción autocatalítica. Ya que la presencia de dióxido de manganeso (que es un sólido) cataliza (acelera) la reacción de oxidación de manganeso, entonces podemos acelerar toda la reacción si colocamos muchas partículas de dióxido de manganeso en el recipiente en el que queremos que ocurra la reacción.



Existe un mineral de dióxido de manganeso llamado pirolusita. Este se puede aplicar como catalizador. No es particularmente abundante, por lo que es relativamente costoso.

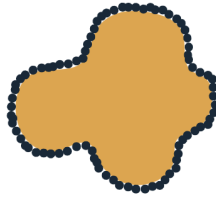
Inversand Company (1925)

Clayton, N.J.

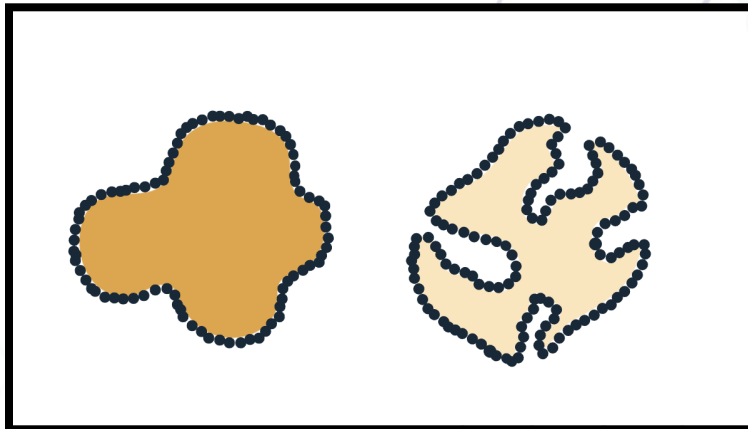
Greensand

Manganese Greensand

glauconita recubierta por dióxido de manganeso



Ya que solo se requiere que la superficie de las partículas sean de dióxido de manganeso, la empresa Inversand Company que opera en Clayton, N.J. desde 1925, desarrolló un catalizador de dióxido de manganeso impregnado en partículas de glauconita (un mineral que se encuentra en el mar). Le llamó “Greensand” o “Manganese Greensand”. La empresa sigue operando y sustituyó el Greensand por Greensand Plus. En este, el sustrato es arena sílica. Realizan la impregnación mediante otro método. Al paso de los años, se han desarrollado otras marcas de catalizador de dióxido de manganeso.



Algunas de ellas utilizan sustratos más porosos (como zeolita), con el objeto de disponer de mayor área superficial que permita una mayor velocidad de catálisis. Independientemente de las nuevas marcas, el término “greensand” o “arena verde” se ha convertido en el ámbito industrial en un término genérico.

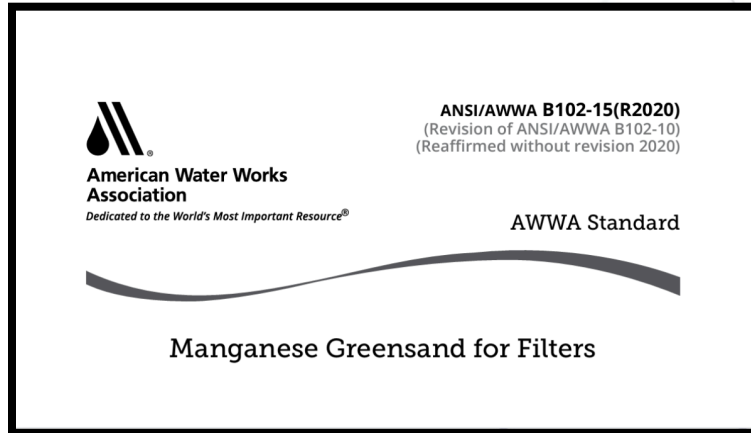
Coprecipitación de radio y arsénico:

Radio	+	Manganeso disuelto
Arsénico	+	Hierro disuelto o suspendido

Los catalizadores de dióxido de manganeso, además de retener hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno, pueden retener otros iones o elementos, como radio y arsénico. La retención de estos últimos es por coprecipitación en la que es necesaria la presencia de otros iones (manganeso para coprecipitar radio, y hierro para coprecipitar arsénico). No abordaremos estos y otros casos en este webinar.



Esta imagen muestra algunas de las marcas de catalizador de dióxido de manganeso que se han desarrollado. En Carbotecnia hemos comercializado todas ellas. Todas se han desempeñado bien.



La impronta del “Manganese Greensand” original fue tan importante, que incluso existe un estándar de ANSI/AWWA destinado a este material, y que sigue haciendo referencia a dióxido de manganeso impregnado en glauconita.

APÉNDICE C
INFORMATIVO
Procesos propuestos para la potabilización del agua.

Hierro	Coagulación-floculación-sedimentación filtración para remover hierro divalente será necesaria una etapa de oxidación previa al tratamiento Filtración en medios granulares para remover hierro divalente será necesaria una etapa de oxidación previa al tratamiento Ablandamiento químico (1) Microfiltración (Fe +3) Ultrafiltración (Fe +3)
Manganeso	Adsorción-oxidación sobre medios granulares recubiertos con óxido de manganeso Ablandamiento químico (1)

Al final de la norma de potabilidad NOM-127-SSA1-2021, aparecen los procesos propuestos para tratar el agua para cumplir con los distintos parámetros cuya concentración limita la norma. Para el caso del hierro, la norma no menciona la catálisis por medio de dióxido de manganeso, probablemente porque la reacción de oxidación de hierro no es tan lenta como la de oxidación de manganeso. Para el manganeso, sí menciona a estos catalizadores que, como vimos, adsorben el ion manganeso con rapidez

y este ion se oxida cuando se encuentra adsorbido.

W.H.O. (1993)	Levels likely to give rise to consumer complaints ^a	Reasons for consumer complaints
iron	0.3 mg/l	staining of laundry and sanitary ware
manganese	0.1 mg/l	staining of laundry and sanitary ware
hydrogen sulfide	0.05 mg/l	odor and taste

Fuente: De Zuane, J., *Handbook of Drinking Water Quality*, 2a. Ed., Wiley, N. Y. 1997.

El hierro y el manganeso no son iones que representen un riesgo por su toxicidad. El problema es que pigmentan muebles de baño y la ropa que se lava con el agua en la que se encuentran presentes. El hierro pigmenta de rojo y el manganeso de color negrozco. En cuanto al sulfuro de hidrógeno, es un compuesto altamente tóxico por la vía olfativa, aunque no en las concentraciones en las que se encuentra en aguas de origen natural. Por otro lado, el olfato del ser humano detecta este compuesto en concentraciones mucho más bajas que aquellas en las que representaría un peligro toxicológico. El olor del sulfuro de hidrógeno es muy desagradable (a huevo podrido). Ya que lo rechazamos, la norma no limita la concentración de sulfuro de hidrógeno ya que los propios consumidores rechazan un agua que lo contenga.

Bacterias oxidantes de hierro: utilizan la energía que obtienen de la oxidación del hierro ferroso al férrico para fijar el dióxido de carbono disuelto a moléculas orgánicas que requieren para subsistir. Requieren un suministro continuo de hierro ferroso y aire u oxígeno para metabolizar hierro férrico en sus estructuras celulares y depositar compuestos de hidróxido férrico gelatinoso, lo que causa incrustación en las tuberías y sabor en el agua. Esta es una de las formas de hierro más difíciles de eliminar y controlar.



Como nota interesante, existen bacterias oxidantes de hierro que convierten el hierro disuelto en depósitos de hidróxido férrico gelatinoso como lo muestra la imagen. De hecho, el sabor que presenta un agua que contiene hierro disuelto se debe más al efecto de la presencia de las bacterias oxidantes de hierro. También existen bacterias que oxidan manganeso.

¿Qué ocurre en una cama de un catalizador de dióxido de manganeso?

- a) **Reacción catalítica en la que moléculas disueltas en el agua precipitan como sólidos.**
- b) **Retención de los precipitados por filtración.**

El catalizador de dióxido de manganeso que se aplica al agua que contiene hierro, manganeso o sulfuro de hidrógeno consiste en gránulos con los que se forma una cama por la que se percola el agua. Los sólidos producidos por las reacciones de oxidación quedan retenidos entre los gránulos del catalizador.

Medios granulares

a) Filtrantes (retienen sólidos mayores a la porosidad del medio) --> Vel. flujo

Arena
Zeolita
Duales (arena + antracita)
Multimedia (granate + arena + antracita)

b) Los que ocasionan cambios fisicoquímicos --> TCCV

Carbón activado
Resinas de intercambio iónico (suavizadoras, etc.)
Carbonato de calcio (calcita)
Óxido de magnesio (Corosex, Trappsorb)

Dióxido de manganeso

Los medios granulares para tratar agua pueden ser de dos tipos: los que filtran (retienen partículas mayores a la porosidad de la cama formada por el medio) y los que ocasionan un cambio fisicoquímico. Los primeros no requieren de un tiempo de contacto. Solamente requieren que la velocidad del agua no sea muy alta para que la filtración se realice con mayor eficiencia. Los segundos sí requieren de un tiempo de contacto mínimo (este tiempo de contacto, para fines de diseño, es un TCCV: tiempo de contacto en cama vacía). Estos también requieren operar a una velocidad que no sea demasiado baja, para evitar flujo laminar, en el que el cambio fisicoquímico ocurre con mucha lentitud. En los catalizadores de dióxido de manganeso, ocurre tanto un cambio fisicoquímico (la reacción de precipitación) como una filtración (la retención de los precipitados entre las partículas del catalizador). Por lo tanto, el diseño de una cama de catalizador de dióxido de manganeso debe cumplir tanto con un criterio de tiempo de contacto en cama vacía (que no debe ser menor a cierto valor), como un criterio de velocidad (que no debe ser mayor a cierto valor).

Regeneración intermitente del catalizador

Los catalizadores de dióxido de manganeso pueden operarse sin dosificar el oxidante al agua que se va a tratar.

La cama de catalizador se regenera intermitentemente, mediante dosis determinadas del oxidante (con la misma mecánica con la que se regeneran las resinas de intercambio iónico)

Los catalizadores de dióxido de manganeso pueden regenerarse intermitentemente. Esto puede aprovecharse para que no sea necesario alimentar el agua con una adición constante del compuesto oxidante. En este webinar nos centraremos en la operación de los catalizadores de dióxido de manganeso cuando el agua que llega a ellos contiene la cantidad requerida de oxidante para que ocurra la reacción. Hay que recordar que los catalizadores solamente aceleran las reacciones. Aunque participan en ellas y sufren modificaciones temporales durante el desarrollo de la reacción, al final de la misma, quedan como estaban al inicio.

Equipos en los que se aplican los catalizadores de dióxido de manganeso



Los catalizadores de dióxido de manganeso se aplican en recipientes que pueden ser de acero o de composites ("composite").



Carbotecnia no produce catalizadores de dióxido de manganeso pero es nuestro deber constatar que los que ofrecemos al mercado sean de buena calidad.

Especificación	Katalox Light	Greensand Plus	Filox-R
Marca	Watch Water	Inversand Company	AlamoBrand (pertenece a Watts)
Certificaciones	NSFANSI-61	NSFANSI-61	NSFANSI-61
Contenido de MnO ₂ (%)	10	3.2 - 4.8	75 - 85
Oxidantes que el fabricante reporta que pueden utilizarse	Cloro libre residual H ₂ O ₂ KMnO ₄	Cloro libre residual KMnO ₄ O ₃	Cloro libre residual O ₂ O ₃ H ₂ O ₂ KMnO ₄ Etc.
Densidad aparente (Kg/l)	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica
	1.08	1.36	1.83
Tamaño de partícula (U.S. STD. Sieve)	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado por el fabricante
	14 x 30	10 x 60	12 x 40 Ficha Técnica 20 x 40 Saco
Tamaño efectivo de partícula (mm)	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica
	0.62 - 0.60	0.30 - 0.35	0.40

La imagen muestra algunos de los renglones de una tabla en la que comparamos los distintos parámetros de las marcas de catalizadores que ofrecemos. Solamente se ven tres marcas, aunque ofrecemos varias más que no se ven por falta de espacio.

Especificación	Katalox Light	Greensand Plus	Filox-R
Tamaño efectivo de partícula (mm)	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica
Coefficiente de uniformidad	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica	Dato reportado en la ficha técnica
pH de operación para precipitar:	5.8 - 8.5	6.2 - 8.8	5.0 - 9.0
Fe ²⁺ (OCl)	> 6.5 Cálculo 6.5 - 7.0 Mayor eficiencia de precipitado 7.5 Precipitado grueso	> 6.2	> 6.5
Mn ²⁺ (OCl)	> 8	> 8	> 8
H ₂ S (OCl)	8 - 9	> 8	No reportado
Capacidad total para catalizar la reacción de precipitación por ciclo de regeneración química de:			
Fe ²⁺ (mg/l)	25,000	10,000	No reportado
Mn ²⁺ (mg/l)	42,000	5,000	No reportado
H ₂ S (mg/l)	14,000	2,000	No reportado
Concentración máxima puntal que puede tratar el medio:			
Fe ²⁺ Mn ²⁺ H ₂ S (mg/l)	No reportado	No reportado	Sin agente oxidante 15 5 3
	No reportado	No reportado	Con agente oxidante 27 17 13
	No reportado	No reportado	
	No reportado	No reportado	

Estos son otros renglones. No solamente comparamos los valores reportados en las fichas técnicas de cada catalizador; también hacemos mediciones y verificamos que coincidan con los valores reportados en las fichas y en los certificados de calidad que otorgan los productores.

Especificación	Katalox Light	Greensand Plus	Fibox R
Profundidad de cama (in)	23.5 min. 47 óptimo	Operación continua: Cama dual: abajo 20 - 24 de Greensand Plus; y arriba 15 de antracita N° 1 (Tel: 0.60 - 0.80 mm) Operación intermitente: *Cama unitaria: 30 de Greensand plus *Cama dual: abajo 15 - 18 Greensand plus y arriba 15 - 18 antracita N° 1 (Tel: 0.60 - 0.80 mm)	20 min.
TCCV (min)	2.30 - 4.03 a 23.5" de altura de cama 3.91 - 7.02 a 47.0" de altura de cama	Operación continua: Cama dual: 2.48 - 6.21 a 20" de altura de cama 3.00 - 7.48 a 24" de altura de cama Operación intermitente: Cama unitaria: 3.72 - 9.31 a 30" de altura de cama Cama dual: 1.86 - 4.66 a 15" de altura de cama 2.23 - 5.59 a 18" de altura de cama	1.25 a 20" de altura de cama
Flujo de servicio (gpm/ft ²)	163 - 3.26 a 23.5" de altura de cama 102 - 2.03 a 47.0" de altura de cama	Operación continua: Cama dual: 12 - 50.0 a 20" de altura de cama 10 - 25 a 24" de altura de cama Operación intermitente: Cama unitaria: 0.8 - 2.0 a 30" de altura de cama Cama dual: 1.6 - 4.0 a 15" de altura de cama 1.33 - 3.33 a 18" de altura de cama	6

Otros renglones...

Especificación	Katalox Light	Greensand Plus	Fibox R
Cu hierro (ppm/ft ²)	4 - 8	Operación continua: 2 - 5 Operación intermitente: 2 - 5	10 a 20" de altura de cama
Capacidad (gpm/ft ²) @20°C	20	14	12 - 16 (18-16°C)
Demanda de agente oxidante (mg/l)	Cl ₂ /KMnO ₄ = [1 x mg de Fe/l] + [2 x mg de Mn/l] + [5 x mg de H ₂ S/l] H ₂ O ₂ = [0.9 x mg de Fe/l] + [1.8 x mg de Mn/l] + [4.5 x mg de H ₂ S/l]	Cl ₂ o KMnO ₄ = [1 x mg de Fe/l] + [2 x mg de Mn/l] + [5 x mg de H ₂ S/l]	-

Y otros más. Nos tomó hacer esta tabla dos años.

FICHA TÉCNICA
KATALOX LIGHT®

KATALOX LIGHT®

APLICACIONES

- Hierro
- Manganeso
- Ácido Sulfhídrico
- Sólidos suspendidos
- Arsénico*
- Fosfatos
- Radionúclidos

*Destilación previa de RED-3/8

NSF/ANSI 61

VENTAJAS

- Tolerancia a múltiples oxidantes

WATCH WATER MEXICO

REV. 08/23

KATALOX LIGHT®

ZEOLITA RECUBIERTA CON ALTO CONTENIDO DE DIÓXIDO DE MANGANESO (MnO₂)

KATALOX LIGHT® es el producto líder del mercado para la remoción de **hierro, manganeso y ácido sulfhídrico**. Hecho de zeolita recubierta con dióxido de manganeso, permite **filtrar partículas hasta 3 micras** y por lo tanto bajar SST, turbidez y SDI.

Su proceso único de fabricación le otorga una **compatibilidad con gran variedad de oxidantes** y una **larga vida útil de 7 a 10 años**.

Filtración hasta 3 micras

Mejor capacidad de remoción del mercado

Compatibilidad con múltiples oxidantes

Vida útil de 7 a 10 años

PRESENTACIÓN

Vol. / Bolsa	Peso/Bolsa	Bolsas/Tarima	Peso/Tarima	Dimensiones	Certificación
1 pie3	66 lbs (30 kg)	40	1,225 kg	115x115x120 cm	NSF/ANSI 61

Veremos un ejemplo de cálculo con una de las marcas de catalizadores que ofrecemos. Lo hacemos con esta marca, Katalox Light, de la empresa Watch Water México, que nos ha brindado un servicio cercano ya que cuenta con oficinas en México. Esto no significa que otras marcas no sean buenas. La imagen muestra la parte superior de la ficha técnica actual de Katalox Light.

Tolerancia a múltiples oxidantes

Filtración hasta 3 micras

Ahorros de agua y energía

Vida útil de 7 a 10 años

ÁREAS DE OPORTUNIDAD

- Plantas municipales
- Ósmosis inversa
- Industria de bebidas
- Residencial
- Agua de proceso
- Aguas subterráneas

CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Apariencia	Granulado negro		
Olor	Inodoro		
Tamaño de partículas	0.6 - 1.4 mm (14 x 30)		
Coefficiente de uniformidad	< 1.75		
Densidad aparente	1,060 Kg/m ³ (66 lb/pe3)		
Contenido de humedad	< 0.5 %		
Filtración	Hasta 3 micras		
Vida útil	7 a 10 años		

CONDICIONES DE OPERACIÓN			
pH de entrada	5.8 - 10.5		
Francobordo	30 - 40%		
Profundidad mínima de la cama	75 cm (29.5 pulg.)		
Profundidad óptima de la cama	120 cm (47 pulg.)		
Tiempo de retrolavado	10 - 15 min.		
Tiempo de enjuague	2 - 3 min.		
Velocidad de servicio	10 - 30 m/h (4 - 12 gpm/pe2)		
Velocidad de retrolavado**	25 - 30 m/h (10 - 12 gpm/pe2)		

DOSIFICACIÓN / REGENERACIÓN			
Oxidante	Fe ²⁺	Mn ²⁺	H ₂ S
H ₂ O ₂	0.5 mg/l	1 mg/l	1.05 mg/l
Cl ₂	0.62 mg/l	2 mg/l	3 mg/l
KMnO ₄	1 mg/l	2.7 mg/l	6 mg/l

*Los valores indicados arriba contemplan únicamente la oxidación de los contaminantes mencionados con un tiempo de contacto de 20 minutos. Un tiempo de contacto inferior y/o la presencia de otros compuestos oxidables requiere una dosis mayor.

**Para una temperatura de 10°C, favor de referirse a la tabla de la siguiente página para conocer la velocidad de retrolavado con otra temperatura.

CAPACIDAD DE REMOCIÓN	
Contaminantes	Capacidad
Solo Fe ²⁺	Aprox. 85,000 mg/pe3
Solo Mn ²⁺	Aprox. 42,500 mg/pe3
Solo H ₂ S	Aprox. 14,000 mg/pe3

CONSEJOS DE DIMENSIONAMIENTO

Remoción de hierro/manganeso

Cálculo de la cantidad de contaminación: $C = ([Fe] + 2[Mn]) \text{ mg/L}$

Ejemplo: 3 ppm de Fe y 1 ppm de Mn → $C = 3 + 2 \cdot 1 = 5 \text{ mg/L}$

0 < C < 5: flujo medio a alto.

5 < C < 10: flujo lento a medio.

C > 10 ppm: usar 2 pasos en serie con flujo lento.

C > 30 ppm: contactar a su Distribuidor Autorizado para asesoría.

Remoción de ácido sulfhídrico

Se recomienda usar un flujo medio a alto.

RETROLAVADOS

Por diferencial de presión (> 7 a 10 psi) o tiempo (cada 24 a 72h).

REGENERACIÓN

Con cualquier oxidante (cloro, KMnO₄, OXYDES[®], ...).

Existen dos modos:

- Regeneración intermitente: regeneraciones puntuales.
- Regeneración continua: dosificación previa de un oxidante.

CONSEJOS DE OPERACIÓN

Remoción de manganeso y metales pesados:

Ajuste previo de pH > 8.5.

Remoción de hierro y manganeso en conjunto:

Retrolavar con la velocidad óptima y con frecuencia para evitar un ensuciamiento con hidruóxido de hierro. Para concentraciones de hierro > 1 mg/l y/o concentraciones de manganeso mayores que el hierro, se recomienda usar 2 pasos de KATALOX LIGHT® en serie.

Remoción de ácido sulfhídrico:

Se recomienda oxidar de manera continua previamente al filtro de KATALOX LIGHT®.

RETROLAVADO ÓPTIMO

Aconsejamos realizar los retrolavados con la velocidad adecuada de acuerdo a la temperatura del agua para expandir la cama del filtro por 30 %. Esto permite realizar una limpieza profunda de la media y reducir la frecuencia de retrolavados. La velocidad se selecciona de la siguiente manera:

• 12 gpm/pe2 para 5 °C	• 22 gpm/pe2 para 20 °C
• 16 gpm/pe2 para 10 °C	• 24 gpm/pe2 para 25 °C
• 19 gpm/pe2 para 15 °C	• 25 gpm/pe2 para 30 °C

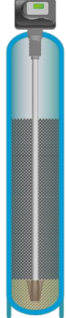
Distribuidor autorizado: **Carbotecnia**

Watch Water México proporciona la información contenida en este documento de buena fe, pero no se hace responsable de su exactitud y precisión. Este documento está destinado a ser un guía para el tiempo necesario y necesario del material. Los valores que indican la información técnica deben ser consultados para obtener la información de operación para el producto específico. La responsabilidad del agua controlada y controlada con Watch Water México se limita a la información técnica que se proporciona en este documento.

MODELOS DE FILTROS KATALOX LIGHT*

Tanque	Conexiones		Carga	Flujo GPM				Flujo Retrolavado (GPM)				
	E/S	D		Lento ⁽¹⁾	Medio ⁽²⁾	Alto ⁽³⁾	Pico ⁽⁴⁾	10°	15°	20°	25°	30°
9"x48"	1"	0.75"	1	1.8	1.9	2.5	3.7	7.1	8.4	9.7	11	11
10"x54"	1"	0.75"	1.5	2.2	2.8	3.7	5.6	8.7	10	12	13	14
12"x52"	1"	0.75"	2	3.1	3.7	5.0	7.5	13	15	17	19	20
13"x54"	1"	1"	2.5	3.7	4.7	6.2	9.4	15	18	20	22	23
14"x65"	1.25"	1"	3	4.3	5.6	7.5	11	17	20	24	26	27
16"x65"	1.25"	1"	4	5.6	7.5	10	15	22	27	31	34	35
18"x65"	1.25"	1"	5	7.1	9.4	13	19	28	34	39	42	44
21"x62"	1.25"	1.5"	7	9.6	13	18	26	39	46	53	58	60
24"x72"	1.5"	1.5"	10	13	19	25	37	50	60	69	75	79
30"x72"	2"	2.0"	15	20	28	37	56	79	93	108	118	123
36"x72"	2"	2.5"	20	28	37	50	75	113	134	156	170	177
42"x72" ⁽⁵⁾	2"	3"	30	38	56	75	112	154	183	212	231	241
48"x72" ⁽⁶⁾	3"	4"	40	50	75	100	150	201	239	277	302	314
60"x94" ⁽⁶⁾	4"	4"	50	79	94	125	187	314	373	432	471	491
63"x83" ⁽⁶⁾	4"	4"	60	87	112	150	224	346	411	476	520	541
60"x110" ⁽⁶⁾	4"	4"	70	79	131	175	262	314	373	432	471	491

¹ Considerando un espacio libre de expansión mínimo del 30% ³ Calculado a 4 min de TCCV ⁵ Calculado a 2 min de TCCV
² Calculado a 4 gpm/psi² ⁴ Calculado a 3 min de TCCV ⁶ Requiere difusores de alto flujo

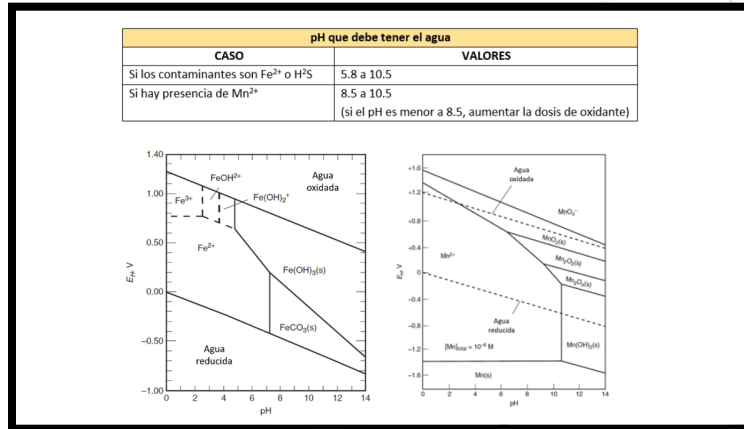


La ficha técnica muestra las distintas medidas de recipientes de composito que hay en el mercado. Menciona para cada uno de ellos el volumen de medio granular que llevan, el flujo de servicio con el que se pueden operar (según qué compuesto se busca retener) y el flujo de retrolavado requerido, dependiendo de la temperatura del agua.

Especificaciones del Katalox Light

Apariencia	Gránulos negros
Composición	Clinoptilolita natural: > 85% Dióxido de manganeso: > 9.5% Cal hidratada: < 5%
Rango de tamaño de partícula	0.60 a 1.40 mm (14 x 30)
Coefficiente de uniformidad	< 1.75
Densidad aparente	1.06 kg/L (66 lb/ft ³)
Contenido de humedad	<0.5%

La imagen muestra las especificaciones de Katalox Light.



Esta imagen muestra que, para precipitar (convertir en sólidos) hierro o manganeso, hay que aumentar el potencial de óxido reducción (que es mayor conforme mayor es la concentración del oxidante utilizado) o el pH del agua a tratar. En ambas gráficas encontramos que las especies insolubles de hierro y manganeso se forman en la parte derecha y superior (la gráfica de la izquierda es para el hierro y la de la derecha es para el manganeso).

Parámetros de diseño de una cama de Katalox Light		
TCCV		
CASO	Valor mínimo	Valor más holgado
El contaminante es H_2S	3 min	4 min
$0 < C < 5$	3 min	4 min
$5 < C < 10$	4 min	7' (valor anterior)
$10 < C < 30$	2 x min'	2 x 7 min (valor anterior)
> 30	Analizar el caso con más detalle, en compañía del especialista.	
Concentraciones apreciables de Fe^{2+} y Mn^{2+}	El Fe precipita antes y puede ser mejor colocar dos recipientes en serie.	
$[Fe^{2+}] > 30 \text{ mg/L}$	Oxidar 20 a 30 min -> clarificar o filtrar en cama dual de antracita y arena sílica	
Velocidad de flujo		
CASO	Valor mínimo	Valor máximo
Todos	4 gpm/ft ²	8 gpm/ft ²
Profundidad de cama		
CASO	Valor mínimo	Valor más holgado
Todos	75 cm	120 cm

La imagen muestra los parámetros de diseño de una cama de Katalox Light.

Altura libre para expansión de cama		
CASO	Valor mínimo	Valor más holgado
Todos	40%	50%

Momento de retrolavar		
CASO	Valor mínimo	Valor más holgado
Todos	$\Delta P = 7$ psi	$\Delta P = 10$ psi

Dosis requerida de oxidante (cantidades estequiométricas)	
Si el oxidante es $KMnO_4$:	
0.94 mg oxidante/mg de Fe^{+2}	
1.92 mg oxidante/mg de Mn^{+2}	
6.19 mg oxidante/mg H_2S	
Si el oxidante es Cl_2 :	
0.64 mg oxidante/mg de Fe^{+2}	
1.3 mg oxidante/mg de Mn^{+2}	
2.1 mg de oxidante/mg H_2S	
Si el oxidante es H_2O_2 :	
0.30 mg/mg de Fe^{+2}	
0.62 mg/mg Mn^{+2}	
1.0 mg/mg H_2S	

Las dosis requeridas de oxidante corresponden a la estequiometría de las reacciones de oxidación que vimos antes.

Datos mínimos necesarios para dimensionar

- Concentración de Fe^{+2} , Mn^{+2} , H_2S
- Resultados de análisis físicoquímicos promedio (pH, Dureza total, Alcalinidad total, Sólidos disueltos totales).
- DQO o COT.
- Temperatura del agua.
- Flujo máximo instantáneo de agua que requiere tratarse.
- Horario en el que hay demanda de agua tratada

Los datos que muestra la imagen son los mínimos, aunque, de acuerdo con cada caso, pueden requerirse otros datos.

Ejemplo

DATOS:

Agua de pozo.
 Nivel estático del agua: 100 m.
 Temperatura del agua a lo largo del año: entre 17 y 20°C.
 COT < 2 mg/L.
 pH = 8.2
 SDT = 500 mg/L
 Dureza total = 250 mg/L como $CaCO_3$.
 Alcalinidad total = 170 mg/L como $CaCO_3$.
 $[Fe^{+2}]$ máximo en el año = 0.1 mg/L.
 $[Mn^{+2}]$ máximo en el año = 1.6 mg/L.
 $[S]$ no detectable
 Cumple en todos los demás parámetros que limita la NOM-127-SSA1-2021.

Se requiere tratar un flujo máximo instantáneo de 580 L/min para cumplir con los parámetros máximos que establece la NOM-127-SSA1-2021.

No hay problema si el tratamiento se detiene media hora para retrolavar.
 El usuario no desea dimensionar con un factor de sobrediseño.

La imagen muestra los datos del problema a resolver.

Cálculos

Calculadora del Índice de Saturación Langelier

Esta calculadora le ayudará a calcular el potencial de incrustación de su agua usando el Índice de Saturación de Langelier

Introduzca los valores de su análisis de agua. Todos los campos con * son requeridos. Si no posee un análisis de agua puede usar los siguientes valores de la Tabla 2. Seleccione una de las opciones en la parte baja de la Tabla 2.

Tabla 1: Introducción de datos

pH	8.2	
Conductividad en SDT	500	mg/L
[Ca ²⁺]	250	mg/L
[HCO ₃ ⁻]	170	mg/L
Temperatura agua	20	grados °C

Tabla 2: Datos adicionales

pH =	7.7	8	8.6	
SDT =	20	34483	273	mg/l
[Ca ²⁺]	5	400	49	mg/l
[HCO ₃ ⁻]	10	140	121	mg/l
T =	20	20	20	grados °C
Ejemplo]	Agua de mar	Agua de grifo		

Calcular Índice de Saturación Langelier

Borrar datos

Tabla 3: Resultados del Índice de Saturación Langelier

pH _s	7.1
ISL	1.1

IL @ 20°C = 1.1
Es un agua con franca tendencia incrustante.

En todo proyecto de tratamiento de agua recomendamos empezar por estimar el Índice de Langelier (o Índice de Saturación de Langelier) a partir de los resultados del análisis fisicoquímico del agua. Este índice indica si el agua está equilibrada o si tiende a ser corrosiva o incrustante. Estas tendencias no son importantes desde el punto de vista toxicológico. No obstante, aguas incrustantes envenenan a la mayoría de los procesos de tratamiento de agua ya que incrustan y bloquean la función de los mismos. Solamente no afectan de manera importante a los procesos de prefiltración en canasta, lecho profundo, cartuchos, bolsas y discos.

Aunque hay Fe²⁺ y Mn²⁺, la concentración de Fe²⁺ es muy baja y no es necesario colocar dos recipientes en serie.

$$C = [\text{Fe}^{2+}] + 2[\text{Mn}^{2+}]$$

$$C = 0.1 + (2 \times 1.6) = 3.3$$

Si C < 5, TCCV recomendado de 4 min (no menor a 3 min).

Diseñaremos con un TCCV de 4 min.

$$V \text{ cama de catalizador} = 540 \text{ L/min} \times 4 \text{ min} = 2,160 \text{ L} = 76.3 \text{ ft}^3.$$

Proponemos dos recipientes Composite de 48"x 72" conectados en paralelo.

Volumen de cama de catalizador por recipiente = 40 ft³.

$$\text{Área de sección transversal de cada recipiente} = 3.1416 (4 \text{ ft})^2 / 4 = 12.57 \text{ ft}^2.$$

La imagen muestra la secuencia de los cálculos requeridos.

Profundidad de la cama de catalizador = $40 \text{ ft}^3 / 12.57 \text{ ft}^2 = 3.18 \text{ ft} = 38''$

Ya que la profundidad debe ser de entre 29.5'' y 47'', la propuesta está bien.

Flujo instantáneo por recipiente = $540 \text{ L/min} \div 2 = 270 \text{ L/min}$

Flujo instantáneo por recipiente = 71.3 gpm.

Velocidad de flujo de servicio = $71.3 \text{ gpm} / 12.57 \text{ ft}^2 = 5.67 \text{ gpm/ft}^2$.

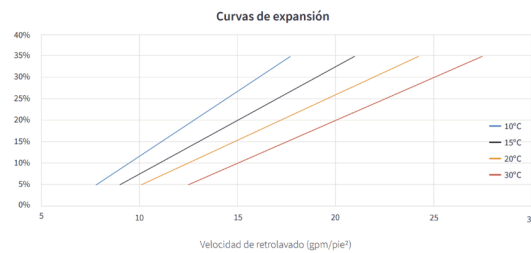
Ya que la velocidad de flujo de servicio está entre 4 y 8 gpm/ft², la propuesta es adecuada.

Sigue la secuencia de cálculos.

Velocidad de flujo de retrolavado requerido para expandir la cama 30%: 22 gpm/ft².

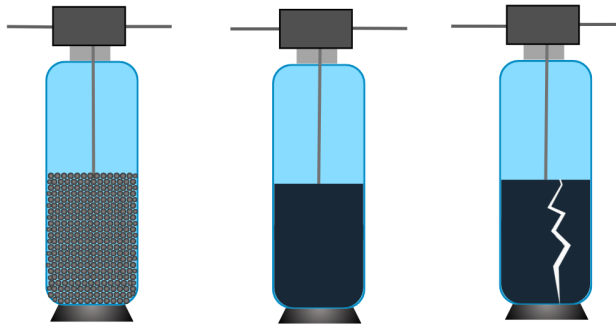
Flujo de retrolavado requerido por recipiente = $22 \text{ gpm/ft}^2 \times 12.57 \text{ ft}^2 = 276.5 \text{ gpm}$.

Flujo de retrolavado requerido por recipiente = 1,047 L/min.



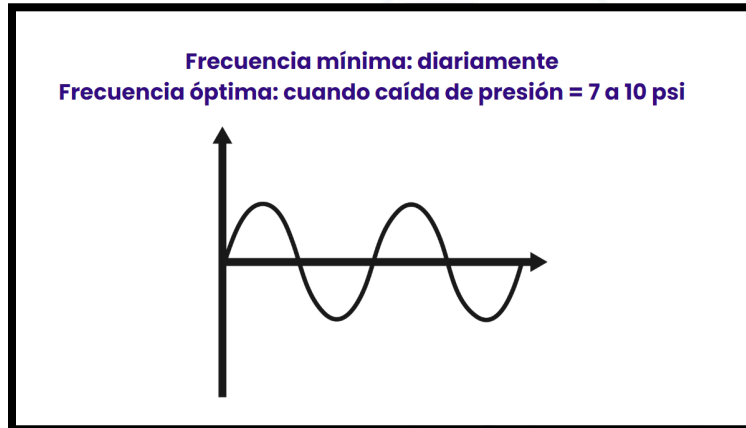
Mediante la gráfica de expansión de cama se calcula el flujo requerido para realizar esta función que es esencial.

Petrificación y fractura de camas de catalizador de MnO₂ que no se retrolavan con el flujo y la frecuencia suficiente

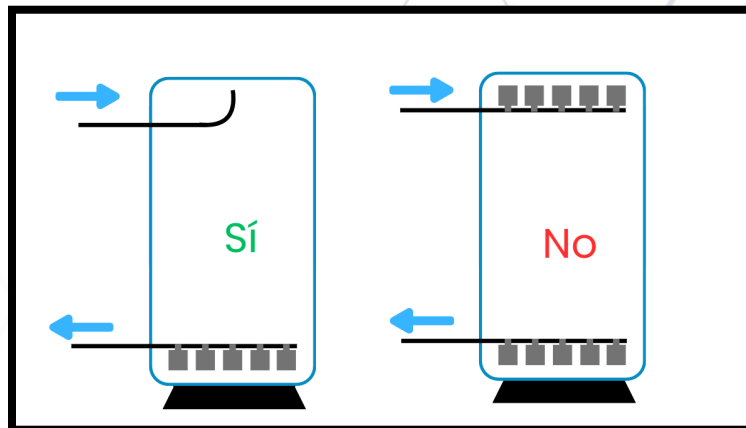


Como hemos dicho en todos los webinars en los que presentamos medios granulares: si no retrolavamos con la frecuencia mínima necesaria y con la velocidad de flujo requerida

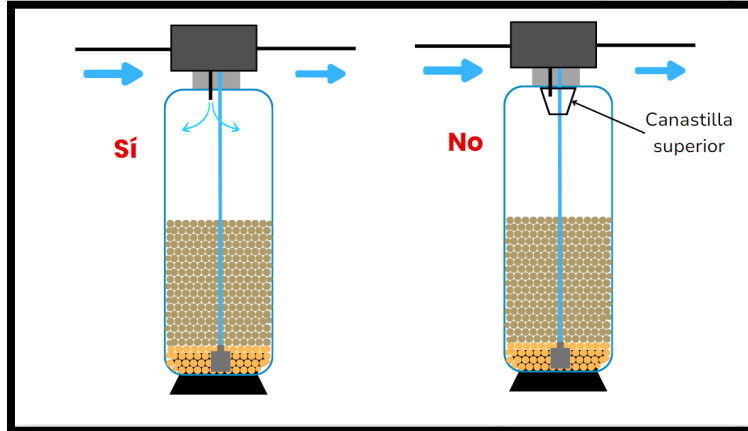
para expandir la cama (en este caso del catalizador), esta se petrificará, se quebrará, el flujo se canalizará y dejará de lograr su propósito.



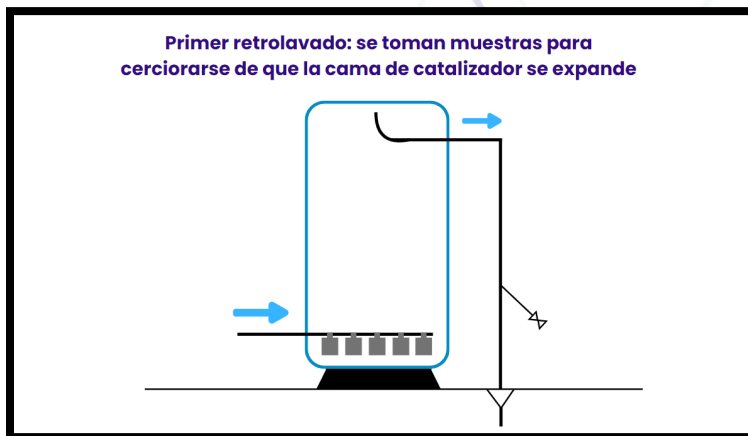
En el caso de los catalizadores de dióxido de manganeso, ya que provocan la precipitación de compuestos que se pegan a las paredes del catalizador lo que puede tener como consecuencia que los gránulos de catalizador se peguen entre sí, es recomendable retrolavar por lo menos diariamente (hablando de procesos que operan al menos unas 15 horas por día). Y se recomienda no dejar que la caída de presión alcance más de un valor de entre 7 y 10 psi.



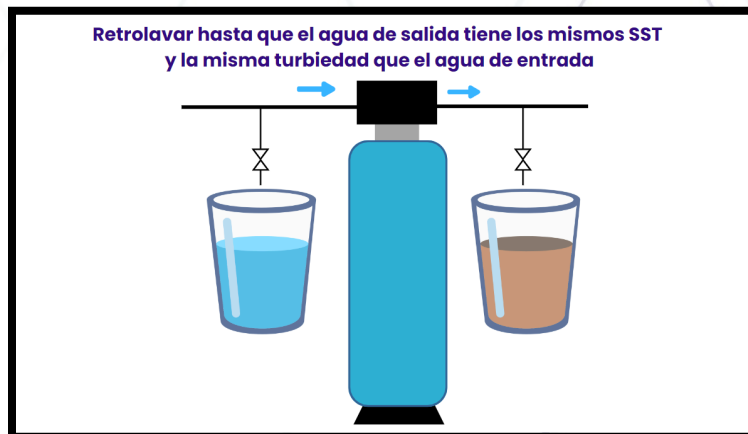
Por ningún motivo deben instalar difusores superiores en el recipiente en el que se instala el catalizador, porque no permitirían que se expulsen los sólidos al retrolavar.



De la misma manera, no debe instalarse canastilla superior en recipientes de composito.



Es importante cerciorarse que en el retrolavado se logra la expansión de la cama, con el método que se ha descrito en webinars anteriores.



Cuando se logra expandir la cama del catalizador, la función del retrolavado ha terminado cuando el agua que sale se ve igual que el agua que entra (es decir, no tiene mayor turbiedad o mayor contenido de sólidos suspendidos).

Gracias por su atención

Tel. + 52 33 3834-0906
ventas@carbotecnia.com.mx

The Carbotecnia logo, consisting of a blue 'C' with a superscript 'a' followed by 'rbotecnia' in blue, with the tagline 'PURIFICACIÓN AVANZADA' in a smaller, black, all-caps font below it.