

CAPACITACIÓN EN VIVO

Carbotecnia
PURIFICACIÓN AVANZADA

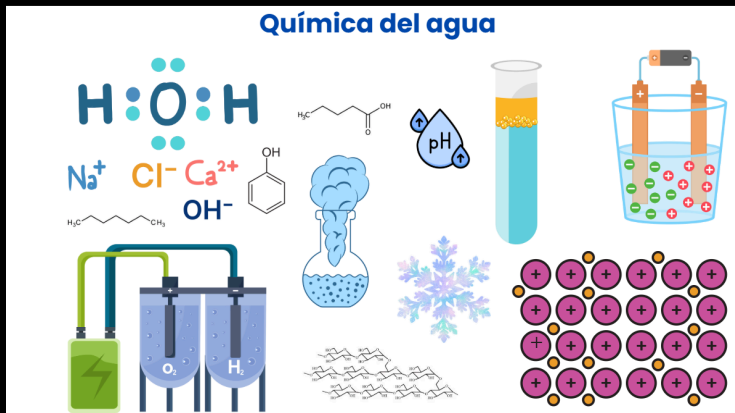
Calcite, Corosex y otros métodos para **corregir la tendencia corrosiva del agua.**

Martes 17
Diciembre.
10:00 AM.

GERMÁN GROSSO
Director de Carbotecnia



Química del agua



Este tema tiene que ver con la química del agua.

Tendencia corrosiva del agua

✓ Corrosión de tuberías y equipos de acero o de cobre

✗ Salud (toxicidad)



Las aguas de tendencia corrosiva son un problema cuando el agua tiene contacto con metales de alto potencial de oxidación, como acero al carbón, acero galvanizado o cobre. La tendencia corrosiva de aguas naturales no suele ser un problema para la salud. Un agua de lluvia tiene tendencia muy corrosiva (Índice de saturación de Langelier de entre -1 y -3) y es perfectamente potable.



La tubería plástica no se ve afectada por agua con tendencia corrosiva

El agua con la que se abastece al noroeste de la zona metropolitana de Guadalajara procede de un sistema de pozos profundos que dan agua de muy buena calidad. El agua contiene pocas sales, por lo que esta agua tiende a disolver metales. Es decir, tiene tendencia corrosiva. Con frecuencia sucede que las residencias lujosas que se construyen en esta zona instalan tuberías de cobre. Por otro lado, las construcciones de nivel medio o inferior instalan tuberías plásticas, como son las de polipropileno. Después de ciertos años, las tuberías de cobre empiezan a mostrar efectos de la corrosión. Actualmente recomendamos el uso de tuberías de polipropileno. Es un material muy inerte que no pierde su flexibilidad en muchos años y en el que las conexiones se pueden fundir de manera muy efectiva para evitar fugas.

Parámetros de un análisis fisicoquímico

	CATIONES	ANIONES	
Dureza total	- Na ⁺ (sodio)	- Cl ⁻ (cloruros)	Alcalinidad total
	- Ca ²⁺ (calcio)	- HCO ₃ ⁻ (bicarbonatos)	
pH	- Mg ²⁺ (magnesio)	- CO ₃ ²⁻ (carbonatos)	Alcalinidad total
	H ⁺ o H ₃ O ⁺ (hidrógeno)	- OH ⁻ (hidróxidos)	
[H ⁺][OH ⁻] = 1x10 ⁻¹⁴	- K ⁺ (potasio)	- SO ₄ ²⁻ (sulfatos)	
Si aumenta el pH, es porque disminuye la concentración de hidrógeno y aumenta la concentración de hidróxidos	- Fe ²⁺ (hierro)	- NO ₃ ⁻ (nitratos)	
	- Mn ²⁺ (manganeso)	- F ⁻ (fluoruros)	
	- Ba ²⁺ (bario)	- PO ₄ ³⁻ (fosfatos)	
	- Sr ²⁺ (estroncio)	- S ²⁻ (sulfuros)	
	- Cu ²⁺ (cobre)	- Largo etc.	
	- Zn ²⁺ (zinc)		
	- Largo etc.		
	Σ Sólidos disueltos totales		

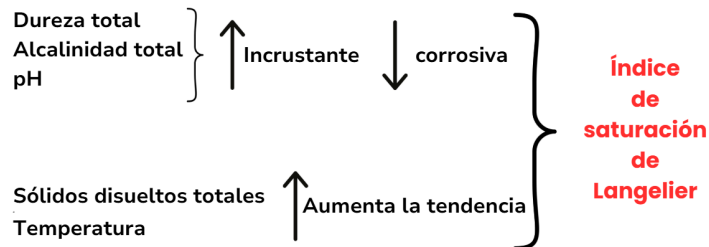
Esta imagen que habíamos compartido en el webinar en el que hablamos de química básica del agua muestra que, entre los cationes y aniones presentes en agua, hay cuatro parámetros que los agrupan o los reflejan y que permiten estimar la tendencia incrustante, equilibrada o corrosiva del agua. Al total de estos parámetros se les llama “análisis fisicoquímico” y son: pH, alcalinidad total, dureza total y sólidos disueltos totales. Un agua adquiere tendencia incrustante mientras mayor es la concentración de dureza total y de alcalinidad total en ella. La razón de ello es que la combinación de los cationes que forman la dureza total y de los aniones que forman la alcalinidad total, genera sales que precipitan con mayor facilidad que otras. Estas sales, en lugar de ser más solubles a mayor temperatura (que es el comportamiento típico de las sales en agua) son menos insolubles.

Se puede armar un estuche pequeño con equipo de análisis práctico, barato y suficientemente aproximado para hacer análisis fisicoquímico de agua.



Los equipos portátiles para realizar los cuatro análisis fisicoquímicos son muy económicos. No dan resultados de alto grado de precisión, pero sí dan resultados confiables que nos permiten conocer un valor bastante aproximado de cada parámetro.

Tendencia incrustante o corrosiva del agua



Mientras mayor es la dureza total, la alcalinidad total y el pH, el agua tiene una tendencia más incrustante. Mientras menor es el valor de estos tres parámetros, el agua adquiere una tendencia más corrosiva. En cuanto a los sólidos disueltos totales y la temperatura, mientras más alto es su valor, la fuerza de la tendencia (incrustante o corrosiva) aumenta. El "Índice de saturación de Langelier" resulta de correlacionar los parámetros anteriores. Este no es el único índice con el que se estima la tendencia incrustante o corrosiva del agua, aunque es el más conocido. Los índices pueden fallar en su predicción, aunque normalmente dan una buena idea de la tendencia que tendrá el agua.

Tabla 3: Resultados del Índice de Saturación Langelier

pH _s	6.9
ISL	0.74
Indicación basada en Langelier (1936)	Water is supersaturated with respect to calcium carbonate (CaCO ₃) and scale-forming may occur.
Indicación basada en Langelier mejorado por Carlier (1965)	Scale forming but non corrosive.

Lenntech

Valor del índice de saturación de Langelier	Tendencia del agua
Mayor a +0.3	Muy incrustante.
0.0 a +0.3	Incrustación ligera con corrosión.
0.0	Equilibrada. Puede ocurrir corrosión ligera.
0.0 a -0.3	Corrosión ligera. No se forman incrustaciones.
Menor a -0.3	Muy corrosiva.

Un valor del Índice de saturación de Langelier de entre -0.3 y +0.3 corresponde a un agua equilibrada. Un índice mayor a +0.3 refleja que el agua tiene una tendencia incrustante. Mientras mayor es el valor del índice, el agua tendrá una tendencia más incrustante. Un índice con valor inferior a -0.3 corresponde a un agua con tendencia corrosiva. Mientras más negativo es el valor del índice, el agua es más corrosiva.

¿Cómo disminuir la tendencia incrustante de agua?

Suavización de agua

Resinas de intercambio iónico descalcificadoras

Sólidos

Ácidos

HCL H₂SO₄

La tendencia incrustante del agua se puede corregir mediante un suavizador, o mediante resinas descalcificadoras o mediante adición de un ácido mineral fuerte.

¿Cómo disminuir la tendencia corrosiva de agua?

Calcite (Clack)
CaCO₃

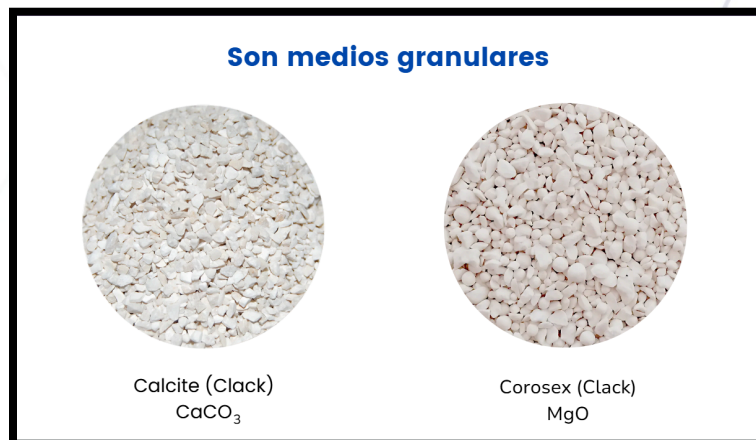
Corosex (Clack)
MgO

Compuestos solubles en agua que aportan dureza o alcalinidad

La tendencia corrosiva del agua se puede corregir mediante carbonato de calcio, óxido de magnesio o mediante otros compuestos que aumenten la dureza del agua o que aumenten su alcalinidad. Uno de estos compuestos es el hidróxido de sodio, que debe manejarse con todas las medidas de precaución para evitar accidentes.



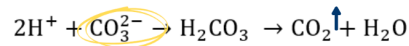
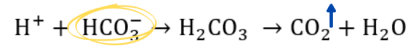
Si se va a corregir la tendencia corrosiva de agua mediante hidróxido de sodio o carbonato de sodio (cualquiera de los dos en solución acuosa), se pueden dosificar al agua mediante un sistema marca ProMinent de muy buena calidad. Estos sistemas cuentan con sensores de pH, controladores y bombas dosificadoras que pueden lograr que el agua, después de la dosificación del químico, adquiera el valor del pH deseado por el usuario. En Carbotecnia ofrecemos los sistemas de control químico de fluidos marca ProMinent.



El carbonato de calcio que ofrece la empresa Clack es el "Calcite". Calcite es el término en inglés que significa "calcita". La calcita es el mineral de carbonato de calcio. Clack también ofrece Corosex^{MR}, que es su marca registrada de óxido de magnesio. El Corosex^{MR} es óxido de magnesio.

Significado de la alcalinidad total

Como vimos, la alcalinidad total es la suma de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos en agua. Si agregamos un ácido protónico a un agua que tiene alcalinidad, el ion hidrógeno reacciona con todos los componentes de esta. Ya que el CO_2 se desprende como gas carbónico, el único residuo que queda en el agua es más agua:



Cuando se percola agua a través de una cama de Calcite, esta se va disolviendo poco a poco en el agua y le aporta iones calcio, Ca^{2+} , y iones carbonato, CO_3^{2-} . Es decir, le aporta al agua dureza de calcio y alcalinidad. Los iones carbonato reaccionan con los iones hidrógeno (hidronio, oxanio u oxidanio) para formar ácido carbónico que se descompone en dióxido de carbono y agua. El dióxido de carbono se gasifica y pasa al aire. Si se percola agua a través de una cama de Corosex^{MR}, esta se disuelve poco a poco y aporta al agua iones magnesio, Mg^{2+} , y iones hidróxido, OH^- . Los iones hidróxido se forman a partir del oxígeno que desprende el óxido de magnesio. Los iones hidróxido forman agua al reaccionar con los iones hidrógeno.

Capacidad de corrección autolimitante de la tendencia oxidante de agua



Compuesto	Solubilidad en agua a 25°C (g/L)
NaOH Hidróxido de sodio (sosa cáustica)	1,110.0
Na ₂ CO ₃ Carbonato de sodio	215.0
CaCO ₃ Carbonato de calcio (calcita, Calcite)	0.015
MgO Óxido de magnesio (Corosex ^{MR})	0.0086
Mg(OH) ₂ Hidróxido de magnesio (se genera a partir del MgO, Corosex ^{MR})	0.009



Una de las propiedades más interesantes del Calcite y del Corosex^{MR} es su capacidad de corrección autolimitante de la tendencia oxidante del agua. Esto se debe a que son muy poco solubles en agua. Por lo tanto, si un agua no contiene acidez, se disuelven muy poco en ella.



Tanto el Calcite como el Corosex^{MR} se aplican en recipientes que pueden ser de acero o de composite (polietileno en el interior, fibra de vidrio y resinas en el exterior). Se recomienda que se coloque una cama de grava de soporte que cubra las toberas inferiores.

Parámetros de los medios y de su operación

Parámetro	Calcite	Corosex ^{MR}
Rango de pH del agua a tratar	5 a 7	4.6 a 6
Capacidad de neutralización (máscica)	X	5X
Rango de tamaño de partícula (US Std. mesh)	16 x 40	6 x 16
Densidad aparente (kg/L)	1.44	1.20
Profundidad de cama (cm)	60 a 75	60 a 75
Altura libre para expansión (%)	50	50
Velocidad de flujo de servicio (gpm/ft ²)	3 a 6 (2 a 9)	5 a 6 (2 a 9)
Velocidad de flujo de retrolavado (gpm/ft ²)	8 a 12 (10 a 15)	10 a 12 (15 a 25)

La imagen muestra los principales parámetros relacionados con ambos medios granulares. El Corosex^{MR} tiene cinco veces mayor potencia para neutralizar acidez que el Calcite. Por lo tanto, Clack recomienda aplicar Corosex^{MR} en agua con menores valores de pH. Actualmente, el precio del Corosex^{MR} es alrededor de 3 veces mayor que el precio del Calcite. No obstante, ya que el Corosex^{MR} tiene cinco veces más capacidad de neutralización que el Calcite, es más conveniente en todos los casos. Para no sobre corregir la tendencia incrustante del agua, una parte de ella se trata en la cama de Corosex^{MR} y la otra se envía por un bypass. Al final, se combinan las dos corrientes de agua.

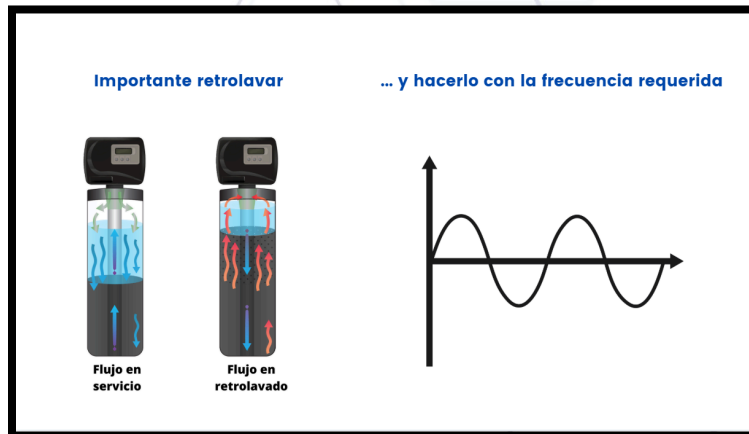
Calcite y Corosex^{MR} se pueden aplicar combinados en la misma cama.

La ficha técnica del Calcite recomienda una velocidad de flujo de servicio de entre 3 y 6 gpm/ft². La ficha técnica del Corosex^{MR} recomienda una velocidad de flujo de servicio de entre 5 y 6 gpm/ft². En Carbotecnia hemos visto que ambos medios funcionan bien en rangos de entre 2 y 9 gpm/ft² (corrigen igual en todo este rango de velocidades de flujo). En cuanto a la velocidad de flujo de retrolavado, Clack recomienda 8 a 12 gpm/ft² para el Calcite. En Carbotecnia hemos visto que se requieren 10 a 15 gpm/ft². Para el caso del

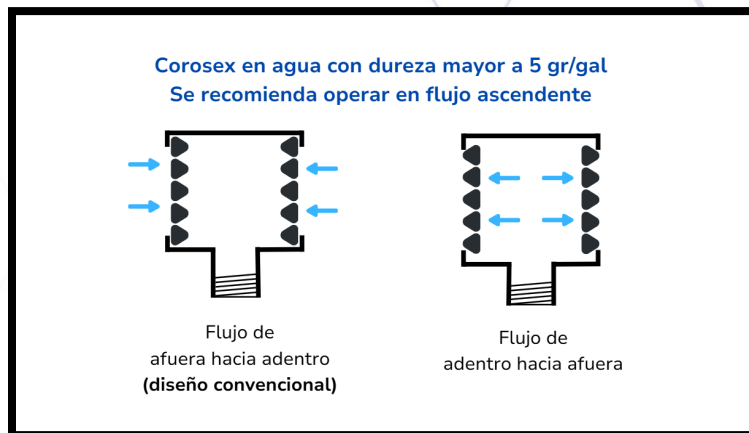
Carbotecnia

Corosex^{MR}, Clack recomienda una velocidad de flujo de retrolavado de entre 10 y 12 gpm/ft². En Carbotecnia hemos visto que se requieren 15 a 25 gpm/ft².

Se puede conocer el ritmo al que se disuelve el Calcite o el Corosex^{MR}, analizando cuánto aumenta la dureza de calcio (para el Calcite) o la dureza de magnesio (para el Corosex^{MR}).



Ambos medios granulares son susceptibles de petrificación por lo que es particularmente importante retrolavarlos con frecuencia. Recomendamos un retrolavado diario.



Clack recomienda operar una cama de Corosex^{MR} en flujo ascendente cuando la dureza del agua a tratar sea mayor a 5 gr/gal. En este caso, hay que utilizar toberas para operar con flujo de adentro hacia afuera. En Carbotecnia ofrecemos este tipo de toberas tipo Johnson.

Agua tratada con Calcite

	SDT (mg/l)	Dureza total (mg/l como CaCO ₃)	pH	Alcalinidad total (mg/L como CaCO ₃)	Índice de Langelier a 20°C	Índice de Langelier a 50°C
Agua cruda	122	68.4	7.05	72	- 0.89	- 0.31
C _H = 9.08 gpm/ft ² TCCV = 1.77 min	169	136.8	7.95	114	+ 0.49	+ 1.10
C _H = 4.54 gpm/ft ² TCCV = 3.54 min	170	136.8	7.90	120	+ 0.46	+ 1.0
C _H = 2.27 gpm/ft ² TCCV = 7.08 min	174	136.8	7.94	123	+ 0.51	+ 1.10

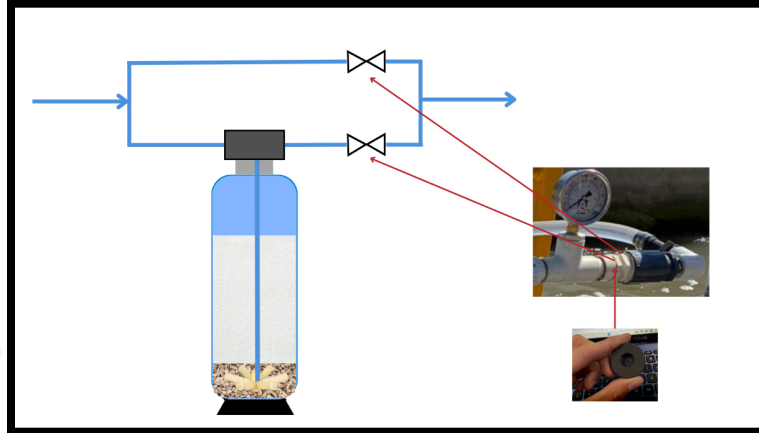
En la imagen mostramos los resultados de una prueba de tratamiento de agua del sistema de pozos Colomos-Tesistán (con la que se abastece a la zona norponiente de Guadalajara) mediante tratamiento con Calcite. Realizamos esta prueba en Carbotecnia. Como se observa, el agua sin tratar presenta una tendencia corrosiva. Se puede observar que en un rango de velocidades de flujo de entre 2.3 y 9.1 gpm/ft², el Calcite corrige la tendencia corrosiva del agua en la misma proporción.

Agua tratada con Corosex

	SDT (mg/l)	Dureza total (mg/l como CaCO ₃)	pH	Alcalinidad total (mg/L como CaCO ₃)	Índice de Langelier a 20°C	Índice de Langelier a 50°C
Agua cruda	122	68.4	7.05	72	- 0.89	- 0.31
C _H = 9.08 gpm/ft ² TCCV = 1.77 min	183	153.9	10.29	150	+ 3.00	+ 3.60
C _H = 4.54 gpm/ft ² TCCV = 3.54 min	201	171.0	10.28	174	+ 3.10	+ 3.70
C _H = 2.27 gpm/ft ² TCCV = 7.08 min	205	153.9	10.41	153	+ 3.10	+ 3.70

La imagen muestra cómo corrige una cama de Corosex^{MR} la misma agua. Esta prueba también la llevamos a cabo en Carbotecnia. Se observa que el Corosex^{MR} corrige en la misma proporción la tendencia corrosiva del agua en el rango de velocidades de flujo de entre 2.3 y 9.1 gpm/ft².

Si comparamos cuánto corrige Calcite la tendencia corrosiva del agua con lo que corrige el Corosex^{MR} la misma agua, encontramos que el Corosex^{MR} corrige en mayor proporción (que es lo que ya habíamos comentado).



En la imagen podemos observar una instalación en la que parte del agua se hace pasar por el recipiente que contiene la cama de Calcite o de Corosex^{MR} y otra parte se manda por el bypass. El flujo de cada corriente se puede controlar mediante válvulas, aunque es muy recomendable instalar restrictores de flujo que garantizan un flujo continuo independientemente de las variaciones de presión del agua que se va a tratar.

Gracias por su atención

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

Dudas técnicas
ingenieria@carbotecnia.com.mx

Carbotecnia
PURIFICACIÓN AVANZADA