

Caso De Estudio: Optimización De Costos En La Inhibición De Incrustaciones En Plantas Desalinizadoras de Osmosis Inversa

M. Malki, American Water Chemicals, Inc.

Abstracto

Durante las últimas décadas, los avances en el diseño de tecnología e ingeniería han permitido la construcción de plantas de Osmosis Inversa con mayor capacidad de producción que pueden funcionar con un costo de energía razonable. Aun así, la proporción de los costos operacionales relacionados con el consumo de químicos para la inhibición de incrustaciones no ha cambiado dramáticamente debido a la indiferencia de la comunidad de empresas en el tratamiento de agua por las nuevas tecnologías de inhibición de incrustaciones. El resultado ha sido el consumo de enormes cantidades de ácido sulfúrico incrementando innecesariamente el pre-tratamiento, pos-tratamiento así como los costos de desechar la sal.

Un distrito en los suburbios de Los Ángeles, California, actualmente está construyendo una planta de ósmosis inversa de 265,000 m³/día, para la reutilización de agua residual. Basándose en 30 años de experiencia operando una planta de ósmosis inversa de 19,000 m³/día, el distrito tomó un novedoso acercamiento a la reducción de costos en el consumo de productos químicos para la inhibición de incrustaciones. Se inició una licitación en la que se tomó en cuenta el pH del agua de alimentación, adicionalmente al costo y a la dosificación del antiincrustante.¹

El pH del agua de alimentación fue utilizado para calcular la tasa de dosificación y el costo anual del ácido sulfúrico utilizado para reducir el pH. Posteriormente esto fue combinado con el costo anual del antiincrustante para seleccionar el tratamiento más rentable ofrecido por los diferentes fabricantes de antiincrustante que participaron en la licitación. El tratamiento seleccionado fue posteriormente probado por 50 días para verificar el desempeño usando la dosis y el pH en el agua de entrada propuestos por el fabricante.

Introducción

El pre-tratamiento de sistemas de osmosis inversa a gran escala casi siempre incluye dosificación química para la prevención de formación de incrustaciones. La formación de incrustaciones ocurre en la corriente salobre cuando las sales solubles exceden sus límites de saturación y se precipitan en la superficie de las membranas. Las sales más comunes son carbonato de calcio, fluoruro de calcio, sulfato de calcio, sulfato de bario, sulfato de estroncio y varios complejos de sílice. Hierro y manganeso también pueden precipitarse en la corriente salobre, pero estos se consideran incrustadores. En las plantas de tratamiento por ósmosis inversa que utilizan agua de desecho como agua de alimentación, las incrustaciones de fosfato de calcio también debe ser tomada en consideración; pero con frecuencia estas incrustaciones son ignoradas porque en sistemas de agua salobre y de agua de mar no presentan ningún inconveniente y la mayoría de los programas de proyección de membranas no las toman en cuenta.

Los químicos utilizados para el control de estas incrustaciones e incrustaciones normalmente consisten en una combinación de ácido sulfúrico y un antiincrustante. El ácido sulfúrico es usado para reducir el pH a través del sistema y así mantener la solubilidad del carbonato de calcio, el fosfato de calcio, el hierro y el manganeso. Los antiincrustantes se usan para controlar las incrustaciones restantes. Los antiincrustantes más avanzados en el mercado son capaces de controlar la formación de incrustaciones e incrustaciones causados por todo lo mencionado anteriormente a niveles más elevados de pH que sus predecesores, reduciendo así, o eliminando completamente, la necesidad de dosificar ácido.²

Hay una gran variedad de antiincrustantes en el mercado, muchos con limitaciones debido a sus estructuras químicas. Por ejemplo, los antiincrustantes basados en poliacrilatos y polimaleicos usados por muchos fabricantes frecuentemente se desactivan ante la presencia de tan poco como 0.5 ppm de hierro, perdiendo sus características para la inhibición de la incrustación y se precipitan sobre la membrana como ensuciamiento orgánico gelatinoso. Los antiincrustantes con base en fosfino-carboxilatos tienen la misma debilidad a menos que sean usados en combinación con una dosis suficientemente altas de ácido para convertir todo el hierro en su forma soluble. La mayoría de fabricantes no mencionan las limitaciones de sus propios productos dejando al usuario final con la frustrante tarea de limpiar las membranas con mucha frecuencia. Esto se empeora con el hecho de que muchos fabricantes recomiendan bajas dosis para ser competitivos incluso cuando las características químicas del agua no permitirán que el producto inhiba la formación de incrustaciones con éxito a esas dosis.

La incrustación de las membranas puede tener muchos impactos negativos en una planta de osmosis inversa. El incremento en la presión del agua de alimentación requerida para mantener la producción de permeado puede resultar en tremendos costos de energía, especialmente en el caso de una planta de osmosis inversa de 265,000 m³/día de alta capacidad. Todo esto en adición a los costos obvios de horas-hombre, productos químicos y la pérdida de producción durante la limpieza de las membranas.

Papa poder sostener los argumentos de la propuesta mas baja, la licitación del distrito incluía una prueba piloto por un periodo de 30 días. La unidad piloto consistía en 7 elementos de 4 pulgadas, configurados en un arreglo de 2:1 y funcionando con una recuperación del 87% y 12 gfd de flujo del permeado.₂

Dosificación y pH Requerido Usando Varios Antiincrustantes

Todos los fabricantes de antiincrustantes reconocidos participaron en la licitación de antiincrustante del mencionado distrito de Los Ángeles, California. Se determinó que el tratamiento más rentable fue A-102 plus, incluso con el hecho de que la dosis era más alta que la de los otros productos.

El ahorro es costos en el consume de acido solamente se determino en más de \$1.1 millones de dólares para la planta de osmosis inversa de 265,000 m³/día, operando con un pH de 7.0 en comparación con el punto de operación establecido anteriormente de 6.0. La dosis del antiincrustante A-102 plus era solamente 0.7 ppm mayor que la dosis original de antiincrustante, pero era tanto como 1.7ppm mayor que algunas de las dosis argumentadas por otros productores de antiincrustante. Sin embargo, el costo de la diferencia de las dosis, era insignificante comparada con los ahorros en los costos del ácido sulfúrico.

Antiincrustante	Noveon AF-1025 (Producto usado antes de la licitación)	AWC A-102 Plus (Producto A)	PWT Spectraguard (Producto B)	King Lee Preteat Plus 100 (Producto C)	Nalco PC-1850 (Producto D)	Avista Vitec 3000 (Producto E)	GE Betz MSI 310 (Producto F)
Dosis (mg/L)	3.0	3.7	3.0	2.0	3.2	2.0	2.5
pH del agua de entrada	6.0	7.0	6.5	6.3	6.3	6.0	6.0
Costo del Acido por Año (\$/año)	\$1,388,769	\$263,915	\$778,290	\$1,030,870	\$1,030,870	\$1,388,769	\$1,388,769

Tabla1: Cálculo del costo anual del ácido para una planta re osmosis inversa de 265,000 m³/día al pH del agua de alimentación sugerido por los fabricantes para la sumisión de las propuestas.

Reducción en Costos Operacionales

70 MGD RO Plant - Los Angeles - California - USA

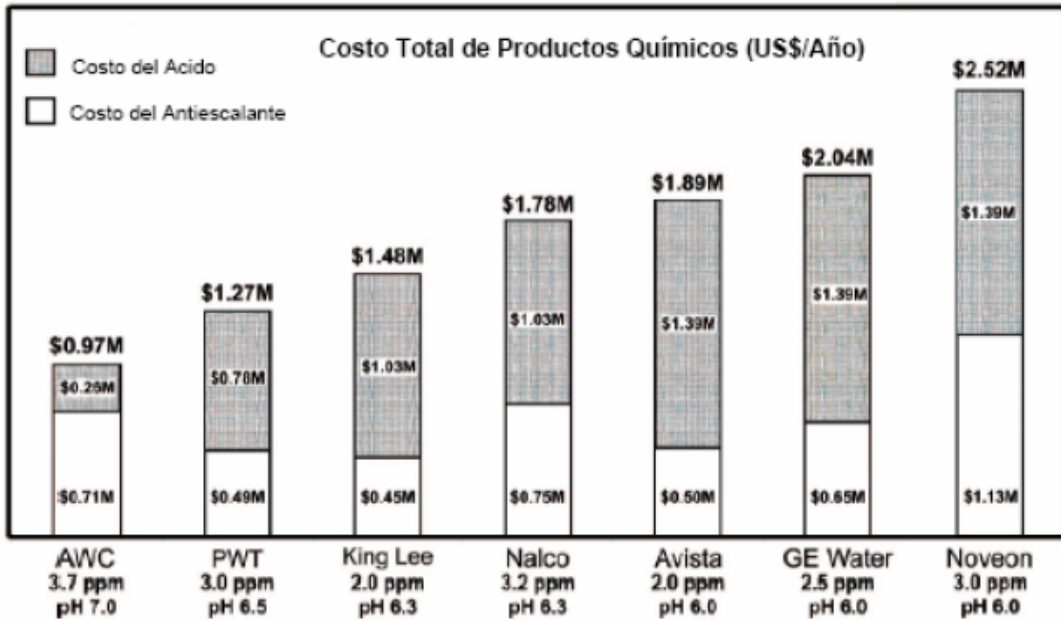


Figura 1. Comparación Del Costo Total Anual De La Inhibición De La Formación De Incrustaciones Utilizando Precios Y Dosis Recomendadas De Los Proponentes Y El Proveedor Anterior. El Ahorro Total Utilizando AWC Fue Más De US \$1.5/año

CALIDAD DEL AGUA DE ALIMENTACION AL SISTEMA*

<u>Constituent</u>	<u>Units</u>	<u>as</u>	<u>Range of Data</u>		
			<u>Min.</u>	<u>Max.</u>	<u>Mean</u>
Ca	mg/l	Ca	60.3	89.4	76.5
Mg	mg/l	Mg	18.3	27.0	24.1
Na	mg/l	Na	189	246	219.3
K	mg/l	K	18.6	20.5	18.7
HCO ₃	mg/l	CaCO ₃	305	453	379
SO ₄	mg/l	SO ₄	76.2	265	154
Cl	mg/l	CL	180	225	212.2
PO ₄ -P	mg/l	P	0.2	2.3	0.45
TDS	mg/l	---	974	1053	1011.8
pH	units	---	7.9	8.0	8.0
Total Hardness	mg/l	CaCO ₃	249	326	290.2
Org-N	mg/l	N	0.31	1.35	0.91
NH ₃ -N	mg/l	N	26.3	29.6	28.0
NO ₃ -N	mg/l	N	0.28	0.62	0.418
TOC	mg/l	---	11.2	14.7	12.5
B	mg/l	B	0.41	0.46	0.44
F	mg/l	F	--	--	0.9
Fe	μg/l	Fe	149	207	178.2
Mn	μg/l	Mn	40.7	72	55.0
Silica	mg/l	SiO ₂	18.3	26.8	23.7
Temperature	Deg F	--	71	86	80

*ANTES del ajuste del pH con ácido sulfúrico

Figura 2: Calidad del agua de alimentación a la planta de Osmosis Inversa para el tratamiento del agua de desecho

Resultados de la Prueba Piloto

A continuación de los resultados de la licitación, A-102 plus fue probado por el distrito por 30 días. Con una recuperación del 87%, se anticipaba que la corriente salobre tuviera una concentración de sílice de 206 mg/L, una concentración de fosfato de 45 mg/L y un índice de saturación de Langalier (LSI) de 2.60 (a un pH =7.0). Después de completar con éxito la prueba de los 30 días y conseguir el contrato, el distrito decidió continuar la prueba piloto por 20 días adicionales. A-102 fue posteriormente probado en la fase 1 de la planta de 19,000 m³/día por 50 días adicionales para confirmar que continuaría desempeñando al mismo nivel en mayor escala.

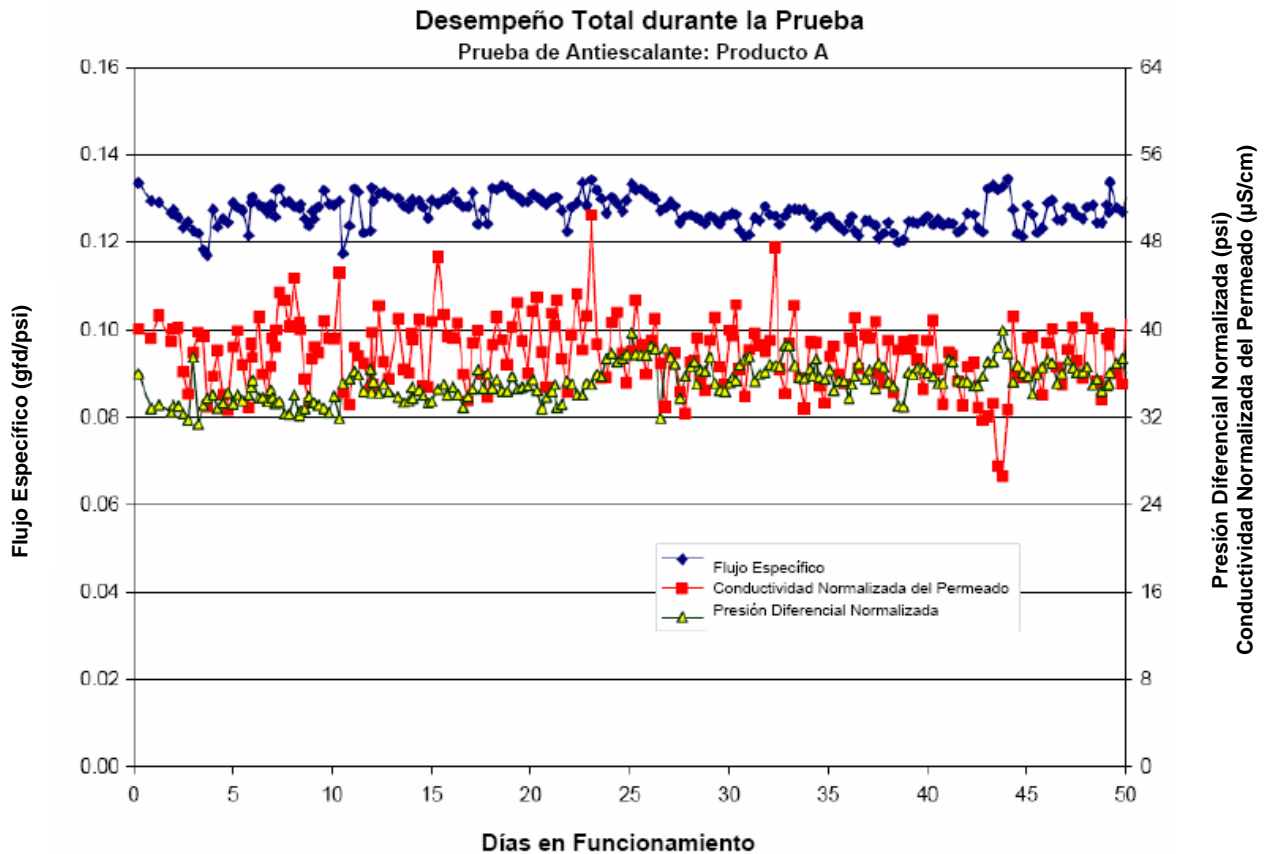


Figura 3. Desempeño Total del Sistema Piloto Durante la Prueba de A-102 Plus

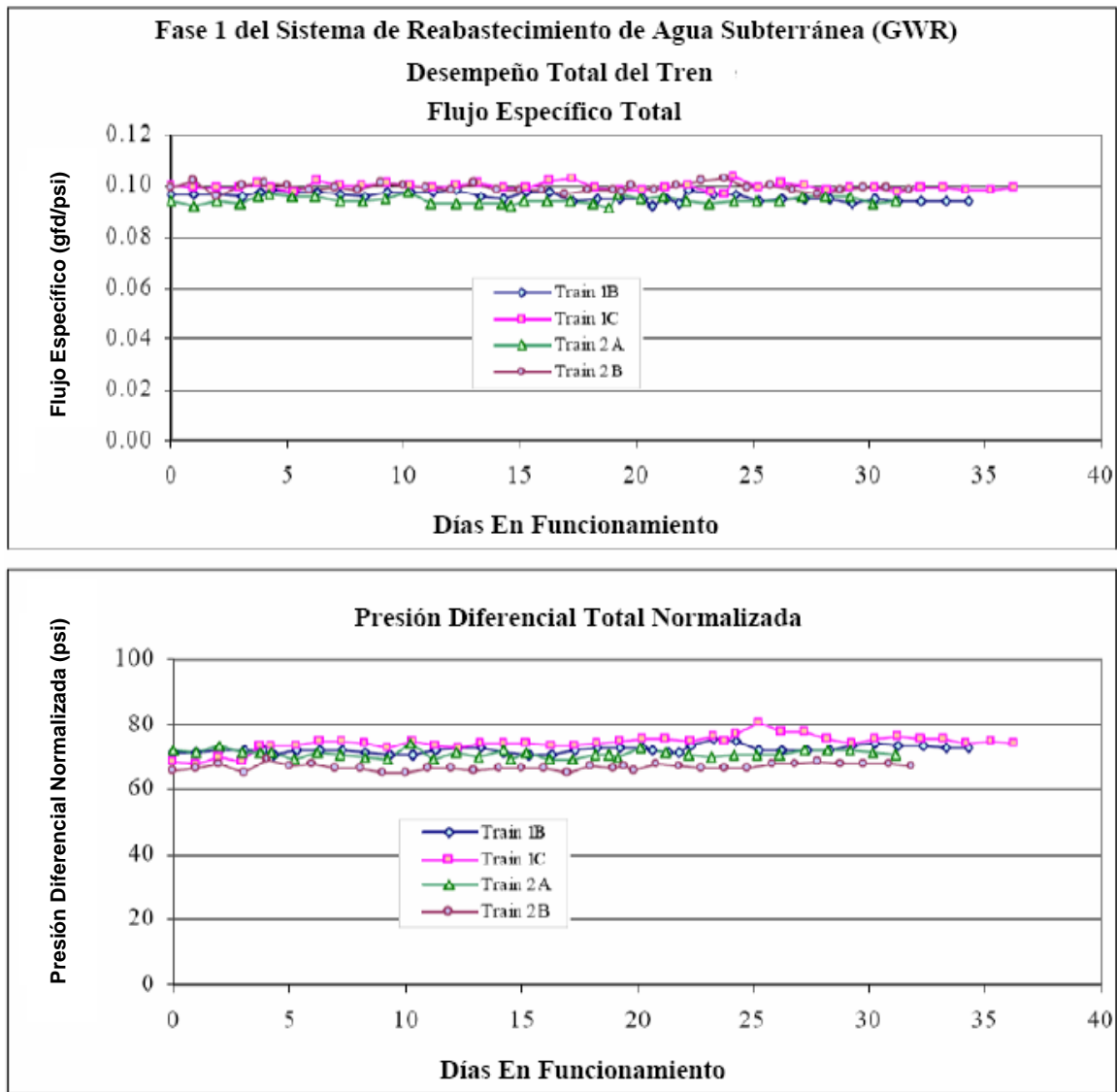


Figura 4: Desempeño De La Fase 1 Del Sistema De Osmosis Inversa De 19,000 M³/día Durante La Prueba De A-102 Plus¹

Conclusión

Es evidente que un antiincrustante no debe ser evaluado basándose únicamente en su costo y dosificación. En este caso la porción del costo total representada por el antiincrustante no era la más baja, de todas formas A-102 Plus sigue siendo la solución más rentable debido al alto punto de pH establecido.

El costo operacional asociado con la dosificación del ácido es con frecuencia ignorado debido a la noción que el ácido es una alternativa de más bajo costo con respecto al antiincrustante. Este argumento engañoso proviene del hecho que el costo por unidad del ácido sulfúrico es una fracción del costo por unidad del antiincrustante. De todas formas, cuando se toma en consideración que una planta de osmosis inversa promedio dosifica entre 50 – 350 ppm de ácido sulfúrico para ajustar el pH, rápidamente se vuelve aparente que este no es un método de bajo costo para la inhibición de incrustaciones. En este caso en particular, la planta de tratamiento de agua de desecho redujo sus costos relacionados con el ácido por más de US \$1.1M/año elevando el pH del agua de alimentación de 6.0 a 7.0. Los ahorros en el ajuste del pH en el agua del permeado no fueron tomados en cuenta para este estudio, pero de ser así estos serían substanciales.

El Fabricante del antiincrustante debe proveer una proyección de la dosis mostrando la dosificación recomendada del antiincrustante así como el pH recomendado para el agua de alimentación. Como estas proyecciones están basadas en valores teóricos, estas recomendaciones deben ser verificadas al conducir una prueba piloto. Finalmente, cuando se evalúan los costos operacionales en la inhibición de incrustaciones, los procesos de dosificación del ácido deben ser revisados cuidadosamente. El precio del antiincrustante no debe ser considerado individualmente, sino como parte de un gasto conjunto.

Referencias

1. Owens, E., Dunivin, W. y Knoell, T., *Employing a New Methodology for Antiscalant procurement for Reverse Osmosis Membrane Facilities*, Waterreuse Symposium presentado en Hollywood, California.
2. Knoell, Tom y Owens Eric, *A New Method in the Procurement of R.O. Antiscalant Chemicals*, *Ultrapure Water*, Vol.23, No.6, Septiembre 2006, Pg.20 - 28