

FILTROS CO-MATRIX™ – RESULTADOS DE UNA PLANTA PILOTO Y SUS APLICACIONES EN LAS PLANTAS DE EXTRACCION POR SOLVENTES

David Minson¹ / Carlos Jimenez² – Delkor & Jason Gilmour³ - Spintek

Delkor Chile Limitada

Av. Cristóbal Colón 4733, Las Condes, Santiago, Chile.

Fono: 56-2-2639729 anexo 15 / 25, Fax: 56-2-2639726

¹Gerente General - Delkor Chile Limitada, delkor@delkor.cl

²Ingeniero de Procesos – Delkor Chile Limitada, delkor@delkor.cl

³Process Engineer – Spintek Filtration, sales@spintek.com

RESUMEN

En los procesos hidrometalúrgicos del cobre, la etapa final de obtención de cátodos de cobre es la llamada etapa de electro obtención. Para el correcto proceso de nucleación, crecimiento y formación de la superficie del cátodo, intervienen distintas variables a considerar, uno por ejemplo es la concentración de reactivos orgánicos que por su característica no conductiva interfieren en la formación regular de la superficie del cátodo. Por lo tanto, estos arrastres de orgánico se deben retirar del sistema antes de la etapa de electrowinning, para estos efectos el presente paper muestra un equipamiento diseñado para estos efectos, el llamado Spintek Co Matrix™ Electrolyte Filter. El equipo presentado entrega mejoras en la eficiencia de filtración y aumentos significativos en la tasa de Filtración gracias a la instalación de un medio de coalescencia (matrix) para el orgánico atrapado antes de que el electrolito atraviese la cama filtrante compuesta por los medios convencionales (antracita + arena garnet)

Este paper presenta el diseño de equipo y su funcionamiento. Además se presentan resultados y comentarios de pruebas pilotos comparativas entre el Filtro CoMatrix y los filtros convencionales que ya están instalados en las plantas de extracción por solvente en Chile.

El paper también destaca los beneficios y consideraciones en el diseño de una planta donde se instalan los filtros CoMatrix

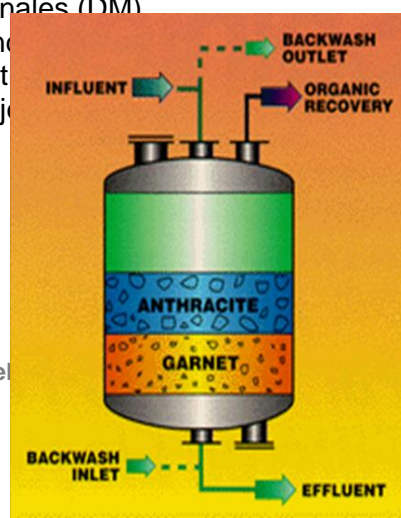
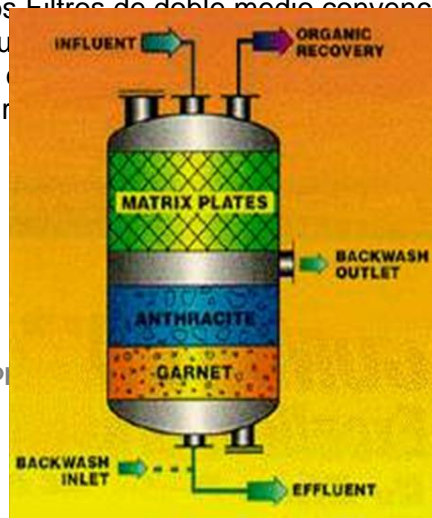
1. INTRODUCCIÓN

En operaciones hidrometalúrgicas de Cobre, es de esencial interés entregar un flujo de electrolito adecuado a la etapa de electro obtención, vale decir, que posea las concentraciones de Cu^{2+} adecuadas, niveles adecuados de pH y ácido libre y lo más libre de impurezas que puedan perjudicar el proceso de electro deposición del Cobre. Debido a esto y la naturaleza de un proceso industrial, es que existen equipos que son instalados entre las etapas de Extracción por Solventes y Electro Obtención con el objetivo de limpiar el electrolito que se dirige a Electro obtención. El Co Matrix™ Electrolyte Filter es uno de los equipos que cumplen estos objetivos. El equipo consiste en un filtro de limpieza de electrolito y recuperación de orgánico de alta eficiencia gracias a una configuración patentada y especialmente diseñada para lograr altas tasas de filtración, altas eficiencias de limpieza y ahorros considerables de consumos en aguas necesitadas para el proceso. El objetivo de este trabajo es presentar el equipo con sus características de diseño y comparaciones con las alternativas convencionales. Además se muestran los resultados obtenidos en una planta piloto instalada en Chile y su comparación con la tecnología existente, también se indican los beneficios y consideraciones en el diseño de una planta con este tipo de equipamiento.

2. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO Y METODOLOGÍA DE PILOTAJE

El Spintek Co Matrix™ Filter es un filtro coalescedor de alto flujo que posee la configuración mostrada en la figura N°1. El flujo de entrada (proveniente de SX) o "influent" ingresa por la parte superior del Filtro y atraviesa toda la sección de éste en forma vertical, en su paso por el equipo, el fluido se encuentra primero con una sección coalescedora (mostrada en figura N°2a) llamada Matrix tipo "panal de abejas" que otorga una alta superficie de contacto y en donde debido a energías superficiales y las llamadas "energías libres de Gibbs" la gotas de orgánicos dispersas en la solución se adhieren a esta matriz y coalescen unas con otras (figura N°2b). Debido a la geometría especial de esta Matrix, las gotas de orgánico ascienden y son retiradas del filtro (línea de organic purge). El paso por este panal recupera hasta el 70% del orgánico atrapado en la solución por lo que el flujo que continúa su paso a través del filtro, enfrenta las camas filtrantes (antracita + arena garnet) con un mucho menor nivel de orgánico y de este modo las tasas de filtración pueden aumentar hasta cinco (5) veces las tasas de filtración en filtros convencionales de doble medio. La figura N° 3 muestra gráficas de comportamiento durante el ciclo de funcionamiento del equipo. El concepto de aumentar la tasa de filtración se traduce en el uso de un número menor de unidades con el consiguiente menor consumo de agua. La tabla N°1 muestra una comparación entre el Filtro Co Matrix™ y los Filtros de doble medio convencionales (DM).

Se realizó un estudio de campo para comparar su performance con la tecnología existente. La tabla N°2 muestra los resultados obtenidos en el pilotaje.



El electrolito es ingresado por la parte superior del Filtro, la primera sección de la figura N°2a es la llamada matriz que tiene por función otorgar una superficie coalescedora extra para las gotas de orgánicos atrapadas en el electrolito. La segunda sección es la llamada cama de antracita que tiene por función ser una sección coalescedora secundaria para las gotas de orgánicos y además una superficie filtrantes para las partículas sólidas de mayor tamaño que están suspendidas en la solución. La tercera sección de arena garnet cumple la función de superficie filtrante principalmente para los sólidos suspendidos de menor tamaño. Entre la cama de antracita y la parte inferior de la matriz, existe un volumen libre dentro del estanque que tiene por función entregar el volumen necesario para la expansión de las camas de antracita y garnet, durante el ciclo de lavado del filtro y además que durante la operación del equipo entrega una “zona quieta” para que las gotas de orgánico pueden ascender libremente, adherirse a la matriz y recuperarse por la línea de organic purge.

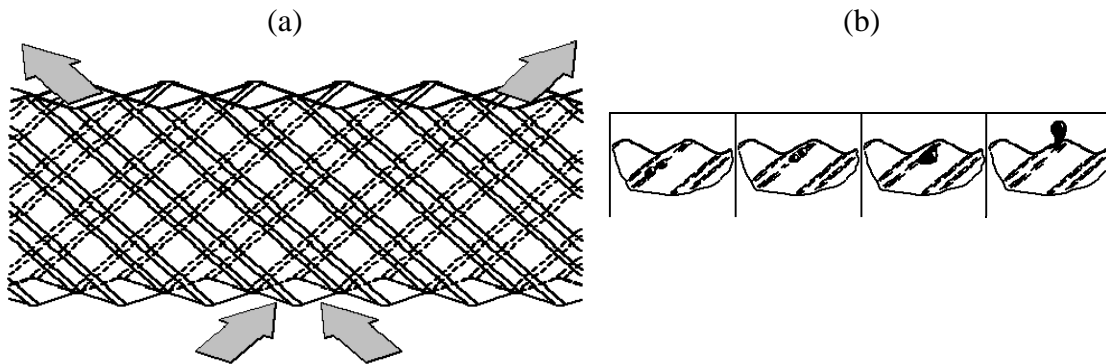
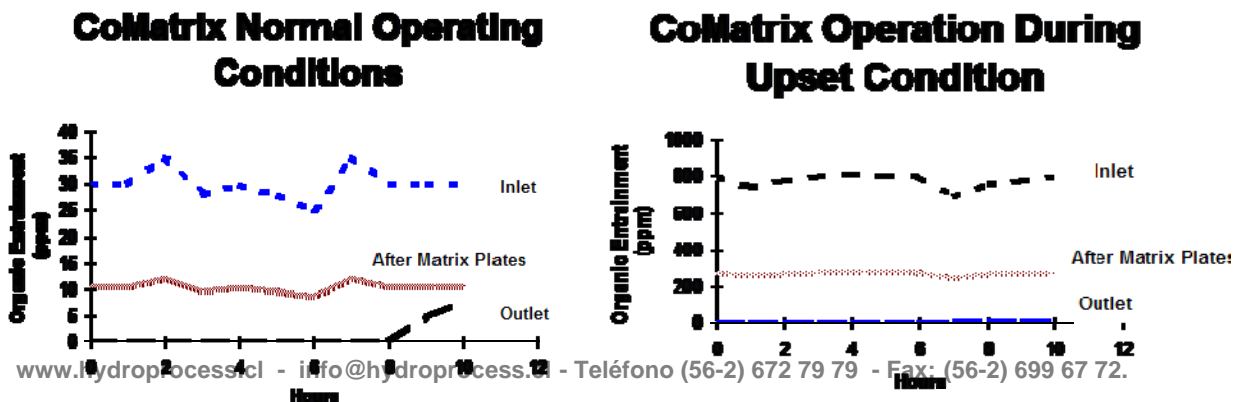


Figura N°2: (a) Diseño geométrico de la matriz, (b) secuencia de coalescencia de gotas de orgánico.

La figura N°2a, muestra el diseño de la matriz y las flechas muestran la dirección de avance de las gotas de orgánico una vez que se han adherido a la superficie. La Figura N°2b, muestra la secuencia de coalescencia de las gotas de orgánico sobre la superficie de la matriz.



La figura N°3, muestra gráficas de la operación de este Filtro. La concentración de orgánico atrapado que ingresa al Filtro se muestra como línea punteada y es llamada inlet. Como se puede apreciar la concentración de orgánico en el electrolito una vez que ha atravesado la matriz ha disminuido considerablemente su valor. El Spintek Co Matrix™ electrolyte Filter puede operar a tasas de Filtración de hasta cinco (5) veces más que los filtros convencionales y utilizar hasta una tercera parte del volumen de agua de lavado que utilizan los filtros convencionales.

Tabla 1: Tabla comparativa entre Filtro convencional de Doble medio (DM) y Co Matrix™.

<u>Item</u>	SX Dual Media Conventional Filter	Co Matrix™ Electrolyte Filter
1	Los filtros de doble medio recuperan el orgánico en la cama de antracita. Cualquier sobrecarga de orgánico genera una colmatación de la cama de antracita, disminuyendo la disponibilidad de la unidad.	El filtro Co Matrix™ utiliza placas coalescedoras con propiedades hidrofóbicas que proporcionan una superficie para la recuperación del orgánico. La cama de antracita/garnet recibe una solución con gran parte del orgánico ya retirado.
2	Se requiere una recuperación previa de orgánico para reducir la carga de orgánico en la alimentación del DM. Esto implica piping adicional, sistema de control y bombeo.	Co Matrix no requiere equipamiento para la remoción de orgánico en condiciones de alta carga.
3	El orgánico es recuperado desde el DM en la etapa de retro lavado (Back Wash) para luego ir a filtración en prensa. Esto implica equipamiento adicional, piping, bombas y controles.	El Co matrix, recupera orgánico sobre la matriz, es purgado desde el filtro y puede ser recuperado y enviado directamente a la planta de SX.
4	Los típicos filtros DM, tratan un contenido de orgánico de 30ppm y pueden reducir el valor a <2ppm en la salida.	El filtro Co Matrix, bajo las mismas condiciones de alimentación puede producir la misma calidad de producto pero, además, puede operar un período extenso bajo condiciones de alta carga (800ppm de orgánico en la alimentación).
5	Durante condiciones de alta carga (800ppm de orgánico en la alimentación) la cama se puede colmatar rápidamente y generar altas concentraciones de orgánico en la salida lo cuál se verá dentro de 1 – 2 horas. Esto implica que el filtro se detenga para realizar un lavado, reduciendo las tasas de producción.	Bajo similares condiciones, las placas coalescedoras reducen el nivel de orgánico desde 800 a < 300ppm y el filtro opera por 8 horas antes que los niveles de orgánico en la salida superen los 10ppm.
6	El filtro DM está diseñado para operar a tasas de 12 m ³ /hm ² . A mayores tasas, la cama se puede colmatar más rápidamente y requerir ciclos de retro lavado más	Debido a la reducción de la carga de orgánico (utilizando las placas coalescedoras), es posible aumentar la

	frecuentes.	capacidad unitaria por sobre los 60m ³ /hm ² .
7	En general los filtros DM requieren retro lavados cada 12 a 24hrs.	El diseño del Co Matrix™ reduce la carga de orgánico, lo cuál permite incrementar los ciclos de operación en hasta tres veces y aumentar la disponibilidad operacional del filtro.
8	El volumen de agua para retro lavado típicamente utilizado es 19m ³ /hm ² y su duración de 10 minutos. Esto entrega un volumen requerido de agua de 19lts de agua por m ³ de electrolito tratado.	El volumen de agua para lavado es el mismo que para el DM. Si el filtro opera por el mismo tiempo (12hrs) a altas tasas, el volumen por m ³ de electrolito tratado se reduce a 5.6lts de agua, 70% menos de agua.
9	Típicamente un flujo de 2500m ³ /hr de electrolito, podría requerir 210m ² de filtros DM.	Para el mismo Flujo, se podrían requerir 51m ² de Filtros Co Matrix.
10	Esto implica entre 10 – 12 unidades de 4.6m de diámetro a un costo de US\$ 2.7 millones.	En forma equivalente se necesitarían 4 unidades Co Matrix (3 + 1 stand-by) a un costo de capital de US\$ 1.8millones.
11	Los requerimientos de medios filtrantes serán para los 12 filtros con 1200mm de altura de cama.	La altura de los medios será la misma (1200mm) pero solo para 4 unidades, es decir, 33% del costo en medios.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Se realizó un pilotaje en una planta ubicada en el norte de Chile que tuvo como objetivo la comparación de este tipo de equipamiento con los filtros convencionales de doble medio existente en la planta, dentro de los parámetros evaluados estaba la tasa de filtración, consumo de agua y recuperación de orgánico retenido.

Los flujos considerados en este pilotaje fueron:

- 60% del flujo nominal, es decir, tres (3) veces la tasa de filtración convencional.
- 80% del flujo nominal, es decir, cuatro (4) veces la tasa de filtración convencional.
- 100% del flujo nominal, es decir, cinco (5) veces la tasa de filtración convencional.

Se efectuó una evaluación paralela de los filtros CoMatrix y los filtros convencionales. Esto significa que ambos filtros fueron alimentados al mismo tiempo por la misma solución

Cada filtro se evaluó para las condiciones indicadas por su fabricante, en cuanto a:

- Tiempo de Operación y de Lavado
- Flujo Especifico
- Presión de Solución, en Ciclo de Trabajo, de Lavado y de Soplado
- Puntos de Muestreo

El Filtro Comatrix se evaluará para tasas de 60%, 80% y 100% de su tasa de diseño, la cuál se especificó, en un principio como cinco (5) veces la tasa del Filtro Dual Media Convencional instalado.

Cada Flujo de Evaluación constituyó una Prueba, y tuvo una duración mínima de 6 días.

Programa de pruebas I: Tasa de Filtración 60% de FN para el Filtro Spintek

Este programa consistió de un total de 13 ciclos operativos, los cuales se realizaron con un flujo de alimentación de 1,86 (m³/h) promedio correspondiente al 60% de la tasa de diseño. Los resultados más relevantes se presentan en Tabla N° 2, que muestra los resultados obtenidos a una tasa tres (3) veces superior a la tasa convencional.

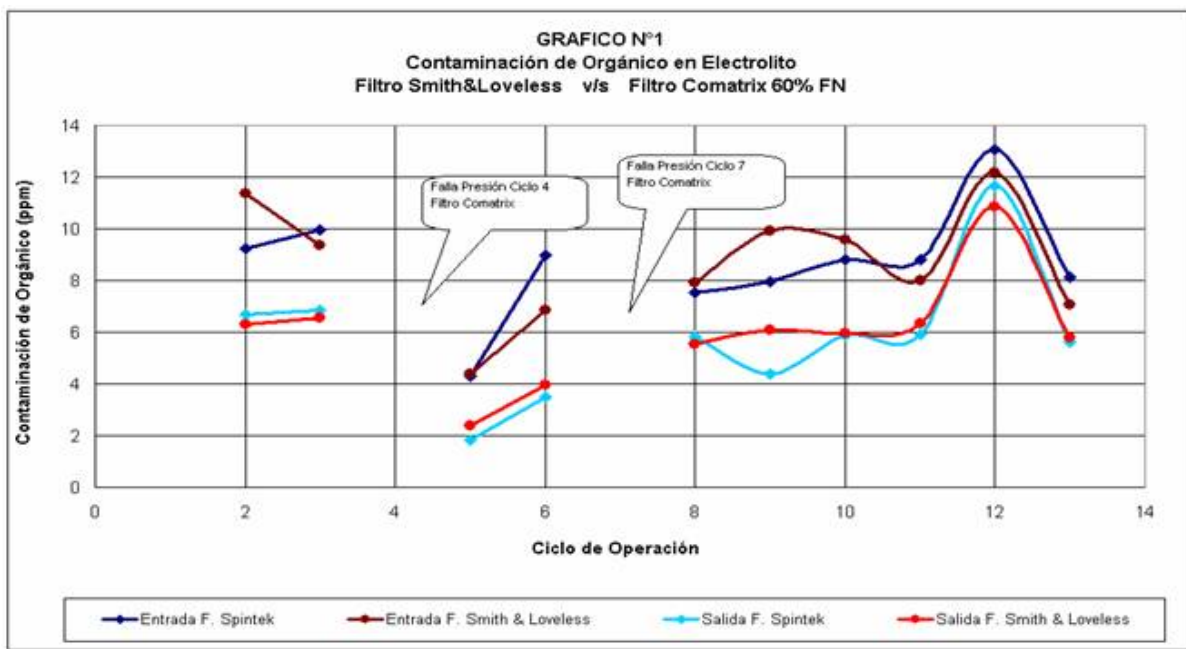
Tabla 2: Tabla comparativa entre Filtro convencional de Doble medio (DM) y Co Matrix™.

		Condiciones de Operación (ppm)													Promedio		Desv est	
		Ciclo																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
Comatrix 60%	4h		0.0	3.4		2.2	1.0		6.4	2.0	3.0	2.1	0.4	3.0	2.44	1.34		
	8h		3.3	0.0		2.2	0.0		1.3	2.0	2.0	1.7	2.4	2.0	3.52	2.59		
	12h		2.0	0.2		2.0	4.0		3.4	2.0	2.2	2.0	2.1	3.10	1.32			
	Promedio		2.53	3.13		2.47	5.47		1.70	3.57	2.93	2.90	1.40	2.53	2.91	1.90		
	Desv est		1.78	2.81		0.46	4.28		1.54	0.31	0.40	1.11	1.41	0.45				
Smith DM Filter	4h		2.4	1.0		2.0	0.0		3.0	2.0	2.2	0.0	1.1	2.2	2.98	1.27		
	8h		1.0	4.1		2.7	1.2		2.2	2.0	4.0	0.0	1.5	0.3	2.24	1.37		
	12h		11.0	2.4		1.0	2.2		1.1	0.0	3.0	0.2	1.0	3.00	3.23			
	Promedio		5.07	2.80		2.00	2.90		2.37	3.37	3.60	1.67	1.30	1.27	2.78	2.00		
	Desv est		5.15	1.15		0.70	2.14		1.36	0.12	0.34	2.04	0.28	0.95				

		Condiciones de Operación Promedio (ppm)												
		Ciclo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Comatrix 60%	Entrada		0.20	0.07		4.30	0.07		7.00	7.07	0.00	0.00	12.00	0.10
	Salida		0.20	0.00		1.00	2.00		6.00	4.00	0.07	0.00	11.00	0.00
DM Filter	Entrada		11.27	0.27		4.27	0.07		7.00	0.03	0.07	0.00	12.00	7.07
	Salida		0.20	0.07		2.27	2.07		6.00	0.07	0.07	0.20	10.00	0.00

La figura N°4, muestra gráficamente el comportamiento de este equipo piloto.

Figura N°4. Condiciones de Operación a 60% del FN.



Programa de pruebas II: Tasa de Filtración 80% de FN para el Filtro Spintek.

Este programa consistió de un total de 9 ciclos operativos, los cuales se realizaron con un flujo de alimentación de 2,48 (m³/h) promedio correspondiente al 80% de la tasa de diseño. Los resultados más relevantes se presentan en Tabla N° 3, que muestra los resultados obtenidos a una tasa tres (3) veces superior a la tasa convencional.

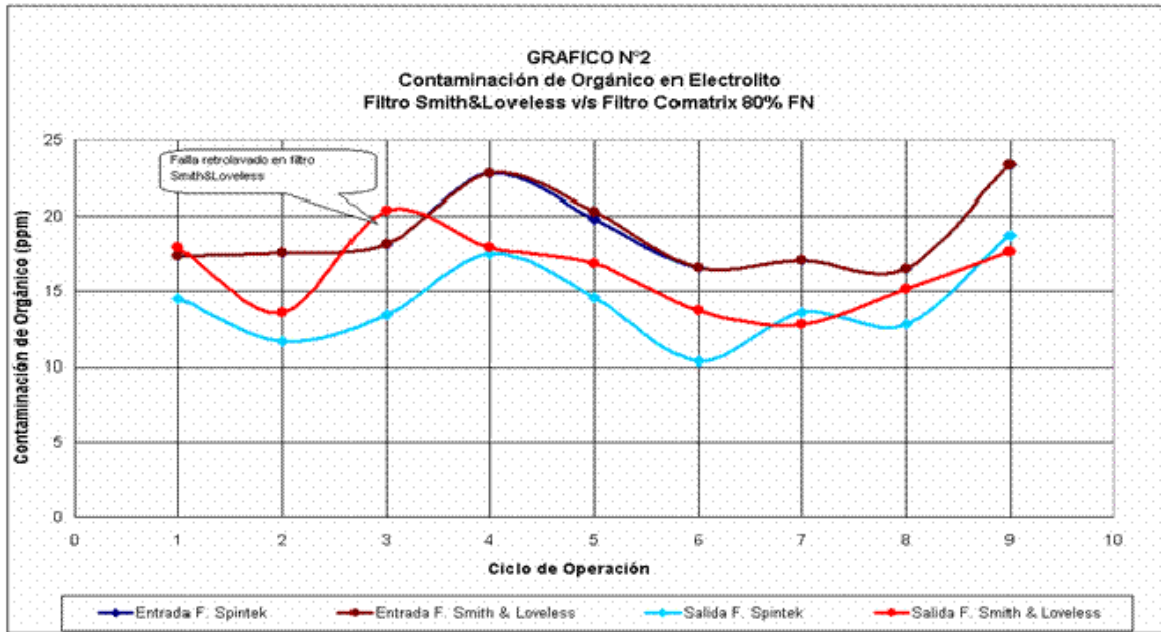
Tabla 3: Tabla comparativa entre Filtro convencional de Doble medio (DM) y Co Matrix™.

		Cantidad Orgánica (ppm)													Promedio	Desv est
		Ciclo														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Comatrix 80%	4h	88	78	28	41	28	78	88	18	82						
	8h	41	48	17	28	82	78	18	82	81						
	12h	28		88	82	81	28	41	47	28						
	Promedio	287	5.90	4.77	5.30	5.20	6.20	350	3.73	4.63						
	Desv est	19.7	2.68	1.88	3.56	2.90	2.44	18.7	2.12	0.90						
DM Filter	4h	-48	48	-88	42	27	28	88	88	88						
	8h	17	21	-47	48	81	28	48	18	82						
	12h	18		41	88	28	28	17	28	18						
	Promedio	-0.53	3.95	-2.17	4.87	3.43	2.83	433	1.33	5.67						
	Desv est	3.78	1.20	5.46	0.83	3.75	0.50	260	0.70	3.53						

		Contaminación de Orgánico Promedio (ppm)												
		Ciclo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Comatrix 80%	Entrada	17.27	17.85	18.17	22.77	18.77	16.87	12.28	18.88	22.28				
	Salida	14.88	11.88	12.48	12.47	14.87	18.27	12.88	12.77	18.28				
Smith Loveless	Entrada	17.27	17.85	18.17	22.77	22.28	16.87	12.28	18.88	22.28				
	Salida	17.88	12.88	22.28	12.88	18.87	12.08	12.77	18.17	12.87				

La figura N°5, muestra gráficamente el comportamiento de este equipo piloto.

Figura 5: Condiciones de Operación al 80% del FN.



Programa de pruebas III: Tasa de Filtración 100% de FN para el Filtro Spintek.

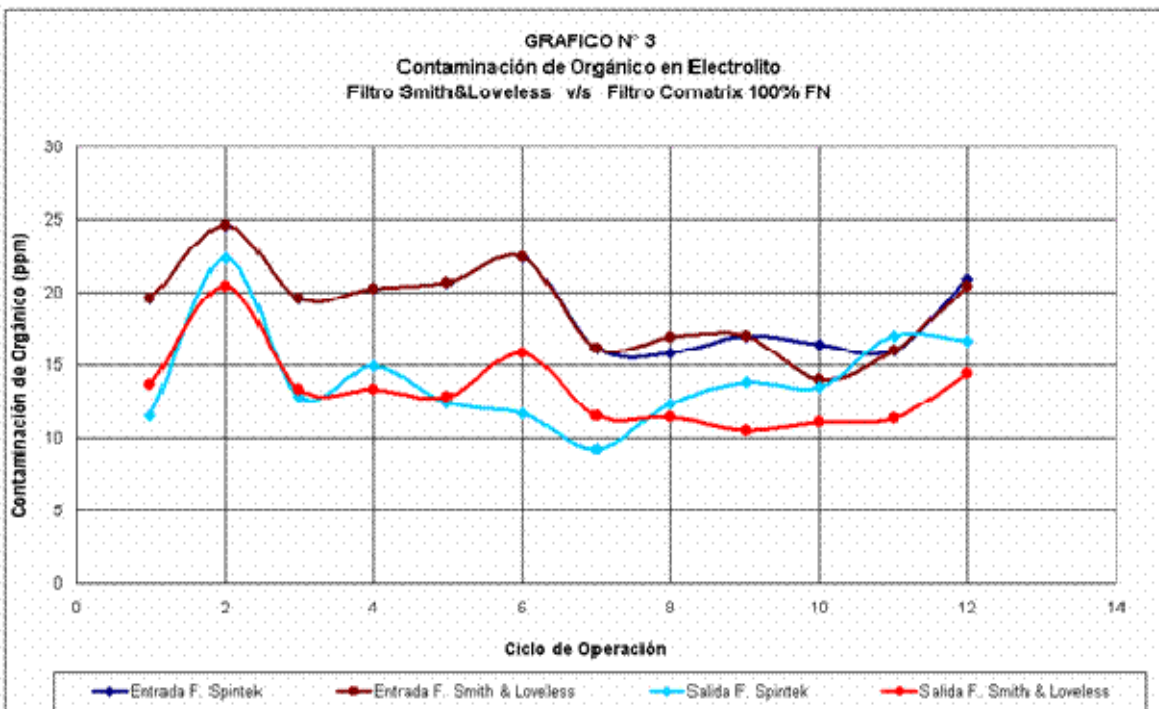
Este programa consistió de un total de 12 ciclos operativos, los cuales se realizaron con un flujo de alimentación de 3,10 (m³/h) promedio correspondiente al 80% de la tasa de diseño. Los resultados más relevantes se presentan en Tabla N° 4, que muestra los resultados obtenidos a una tasa tres (3) veces superior a la tasa convencional.

Tabla 4: Tabla comparativa entre Filtro convencional de Doble medio (DM) y Co Matrix™.

		Ciclo de Operación (ppm)												Promedio	Desv est
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Comatrix 100%	4h	4.8	4.1	6.7	4.9	6.6	6.6	6.7	6.1	2.1	6.6	3.2	6.6	5.30	3.27
	8h	6.6	4.8	7.9	6.6	7.8	6.4	3.8	2.8	2.8	2.8	6.2	6.6		
	12h	6.6	4.2	6.6	6.7		10.8	6.1	3.4	4.8	6.6	2.8	3.8		
	Promedio	6.43	2.27	6.77	5.33	6.25	10.73	6.87	3.80	3.27	2.80	4.90	4.97		
	Desv est	3.06	1.69	0.21	4.21	0.92	2.12	3.51	1.15	1.39	2.20	1.54	1.29		
DM Filter	4h	4.4	2.8	6.6	2.8	6.6	6.6	6.6	6.7	4.8	4.8	4.8	6.6	5.88	2.77
	8h	7.2	6.1	6.6	6.6	6.7	6.6	3.8	3.8	6.6	2.8	6.6	4.8		
	12h	6.2	6.2	6.6	6.2	6.6	6.2	1.7	6.2	6.2			7.6		
	Promedio	5.97	4.13	6.27	6.93	5.20	6.60	4.67	5.53	6.57	3.75	5.20	6.00		
	Desv est	1.46	5.24	0.46	4.29	4.59	1.65	3.48	1.69	2.21	1.20	5.94	1.31		

		Contaminación de Orgánico Promedio (ppm)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Comatrix 100%	Entrada	10.88	20.57	18.57	28.38	28.83	22.48	16.12	19.88	16.88	16.48	16.88	28.88
	Salida	11.47	22.38	12.88	14.88	12.88	11.78	9.27	12.88	13.88	13.88	11.88	16.88
DM Filter	Entrada	18.88	20.57	18.57	28.38	28.83	22.48	16.12	18.12	17.88	14.88	18.88	28.88
	Salida	12.88	28.48	12.88	12.88	12.88	13.88	11.47	11.88	18.47	11.88	11.38	14.88

La figura N°6, muestra gráficamente el comportamiento de este equipo piloto.



4. CONCLUSIONES

De las pruebas realizadas se puede establecer lo siguiente:

Programa de Pruebas con 60% de FN Comatrix.

- En este programa de pruebas se destacó globalmente un corte de orgánico similar en ambos filtros. Estadísticamente el corte de orgánico, considerando la totalidad de ciclos, arrojaría una leve ventaja a favor del Filtro Spintek en el cuál se aprecia un valor promedio de 2,91 ppm contra un 2,73 ppm para el Filtro de doble medio convencional.
- Los resultados para los análisis de arrastre de orgánico presentarían una mayor dispersión en el electrolito tratado en filtro Spintek.
- La tasa de alimentación establecida de 60% (1,86 m³/h) no presenta mayores inconvenientes de operación, manteniendo el flujo y las presiones de trabajo prácticamente constantes.
- Se destaca la realización de 13 ciclos de pruebas de los cuales 3 no serían representativos ciclos 1, 4 y 7, en donde para el primer ciclo los valores saldrían fuera de la tendencia del resto de la prueba y para los otros dos ciclos no se completó el total de las horas efectivas de filtración por problemas con flujos de alimentación (fluctuaciones bruscas) por lo que no se realizaron los controles establecidos.

Programa de Pruebas con 80% de FN Comatrix.

- Los resultados presentaron un desempeño similar para el filtro Comatrix, con respecto al observado para el mismo filtro en la prueba al 60% de su FN y un mejor desempeño respecto al filtro convencional en la prueba al 80% del FN. Sin embargo el desempeño

TALLER INTERNACIONAL DE PROCESOS HIDROMETALURGICOS

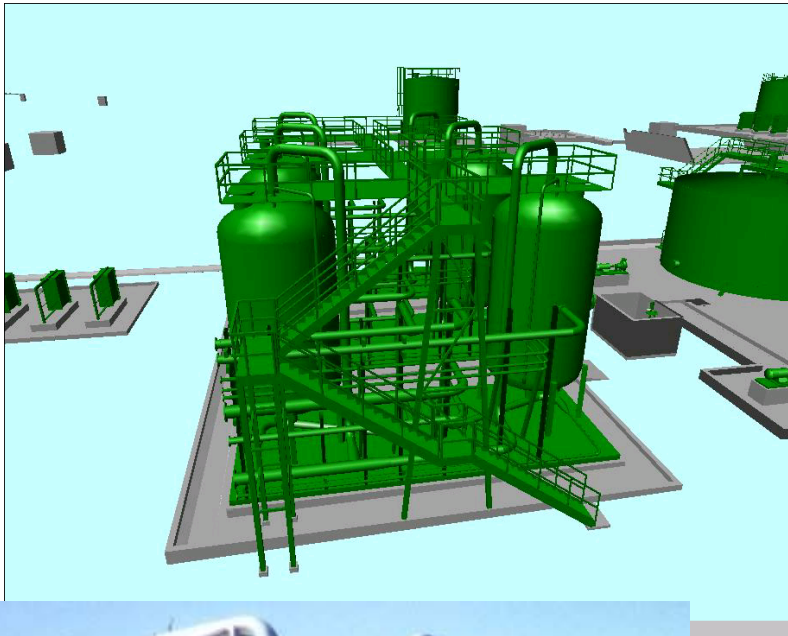
de este último filtro fue anormal en los ciclos 1 y 3, afectando su promedio en la prueba.

- No se presentan problemas en lograr la tasa de filtración del 80% de FN
- El programa se redujo a 9 ciclos, tras el objetivo de volver a probar la tasa de 100% del FN

Programa de Pruebas con 100% del FN Comatrix.

- Los resultados muestran que el lecho del filtro se satura a partir de la hora 8 de operación, entregando una contaminación de descarga creciente en el tiempo. Antes de este tiempo, ambos filtros entregaron similares resultados en cuanto a calidad de solución filtrada.

5. APLICACIONES A NIVEL INDUSTRIAL



Proyecto Spence: Proyecto en el Norte de Chile que considera la instalación de 6 Filtros Co Matrix de 3.9m de diámetro cada uno, capaces de tratar un flujo de electrolito entre 420 – 470 m³/hr por cada Filtro, con un nivel de orgánico en la entrada de <100 ppm y en la salida entre 2 a 10 ppm y un nivel de solidos suspendidos en la entrada <20ppm y obteniendo en la salida <5ppm. En este proyecto se reemplazó la función de 12 Filtros de doble medio convencionales de 4.57m de diámetro.



Proyecto Lixiviación de Sulfuros – Minera Escondida (Foto sólo referencial): Proyecto en ejecución en el norte de Chile que considera la utilización de 4 Filtros Co Matrix™, de 4.41m de diámetro, cada uno, operando con un flujo promedio de 500m³/hr cada uno, recibiendo una alimentación con <60ppm de orgánico y entregando una salida con <5ppm de orgánico

6. AGRADECIMIENTOS

Minera Escondida – Proyecto Lixiviación de Sulfuros
Spintek Filtration Corp.
Roymec Technologies

7. BIBLIOGRAFÍA

“Informe Pilotaje Co Matrix” – Minera Escondida Limitada – Febrero 2004.

Paper: “SX Filters: for organic free and filtered Electrolyte” Application Bulletin SPIN 193 – Spintek Filtration Corp.

Paper: “COMATRIX™ TOWER: Excellent Organic Recovery, plus 5x Flow Rate of Standard SX Filters” Application Bulletin 393 – Spintek Filtration Corp.

Paper: “Testing of CoMatrix™ Tower for Organic Removal and Filtration of Electrolyte” Application Bulletin SPIN 493.

Diferentes Testing Reports – Spintek Filtration Corp.

Diferentes Documentos de Análisis – Delkor Chile Limitada.