

7. Conclusiones

Este proyecto representa una excelente alternativa para la obtención de pigmentos inorgánicos ya que propone la solución de un grave problema de contaminación ambiental. Esto es importante ya que al utilizar los metales provenientes de efluentes de aguas residuales se está disminuyendo la descarga de estos a los mantos acuíferos y, en el caso de que ya se estén tratando este tipo de caudales antes de desecharlos, el integrarlos como proveedores de materias primas le confiere un valor agregado a lo que anteriormente representaría sólo un gasto y una obligación legal. Además de contribuir a la solución del problema de los residuos metálicos como contaminantes al evitar su movilidad estabilizándolos por solidificación.

En cuanto a la viabilidad, los efluentes con contenido metálico mayor a los valores establecidos por la norma deben ser tratados para disminuir su concentración por lo que la obtención de lodos no representa un costo adicional. Aunado a esto, la precipitación alcalina es uno de los métodos más utilizados para remoción de metales con eficiencia superior al 90% en la mayoría de los casos.

Tabla 7.1. Eficiencias de remoción por precipitación

Metal	Método	pH	Conc. Inicial mg/l	Conc. Final mg/l	% Remoción
<i>Cadmio</i>	Precipitación como hidróxido	9.3 - 10.6	4	0.2	95
		-	5.2	0.4	92
		9.4 - 10.2	1.2	0.7	45
<i>Cromo VI</i>	Reducción con bisulfito		140	0.07 - 1.0	99
			450 - 688	0.05 - 1.0	99
			10.4	<0.01	99
	Reducción - precipitación Batch Continuo			<0.005	99
<i>Cobre</i>	Precipitación		204 - 385	0.5	99
			6 - 15.5	0.3 - 0.45	93 - 99
			433	0.14 - 1.25	99

Otra de las ventajas que presenta la alternativa producción de pigmentos es que permite tratar efluentes que contengan otros contaminantes además del metal deseado. En caso de que se tuvieran otros metales en el efluente, la oxidación de estos podría tener contribuciones importantes en el color final de las piezas (ver tabla 4.1) además de facilitar la sinterización ya que en la mayoría de los casos las mezclas tienen puntos de fusión más bajos que los de los óxidos que las componen. Por otro lado, la presencia de contenido orgánico no sería problema en el proceso ya que la precipitación se puede lograr simplemente ajustando el pH y en caso de que el precipitado llevara materia orgánica, esta se eliminaría en la etapa de calcinación.

Además la cantidad de efluente residual producida por las industrias de acabados metálicos produce suficientes lodos anualmente como para ser

considerada la única fuente de materias primas para una industria de pigmentos, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 7.2. Cantidad de efluente producido por día

	Cadmio gpm	Cromo MGD	Cobre gpm
	100	0.168	26
	50	0.101	60
	500	0.026	102
	745	0.043	62.6666667
	440	0.08	
	237.5	0.154	
	450	0.216	
	360.3571429	0.721	
		0.288	
		0.366	
Valor promedio		0.2163	
gal/día	518914.2857	216300	90240
l/día	1964303	818784	341595

Estos valores son los reportados en la literatura para los siguientes efluentes:

Cadmio: Industria del plomo y zinc

Cromo: revestimiento de metales preciosos y metales comunes

Cobre: Revestimiento con electrodos.

Los caudales de agua residual mencionados anteriormente tienen una capacidad anual de producción de pigmentos de 70 000- 300 000 kilogramos, dependiendo del metal. En este caso la producción evaluada (780 kg/año) sería producto del tratamiento de 0.1 a 3% del total de aguas residuales producidas por la industria del acabado de los metales. El análisis realizado en este caso,

se hizo en base a efluentes que reportan algunos de los más altos contenidos metálicos pero también sería una excelente opción al tratar efluentes menos concentrados que no cumplan con las normas ya que se trataría una mayor cantidad de litros.

Una de las nuevas tendencias de la industria química es la venta del servicio por tratamiento de residuos ya que muchas veces las empresas no cuentan con la infraestructura necesaria para tratar sus desechos aun cuando tienen la obligación de hacerlo, es por ello que se puede considerar como opción el cobro por esta actividad, y actualmente este oscila entre \$10 y \$15 pesos por m³ tratado lo cual sería una ventaja más para esta propuesta.

Tabla 7.3. Ganancias por tratamiento de aguas residuales

Agua tratada		Ganancia
l/año	m ³ /año	\$12/m ³
718894	718.894	8626.73
1337716	1337.716	16052.59
3099338	3099.338	37192.05

La tabla anterior muestra las ganancias anuales correspondientes a la producción propuesta que en promedio genera ingresos por \$ 20,624 pesos.

Otro aspecto positivo de este proyecto es que el costo establecido de \$75 USD por kilogramo de pigmento, además de hacer rentable la inversión, recuperar el capital y generar ganancias; permite que disminuya hasta en un 80% el costo actual de la producción de óxidos metálicos.

En cuanto a las pruebas realizadas, se demostró que la adición de cal es suficiente para lograr cantidades representativas de óxido por lo que no es necesaria la inversión en coagulante. Se encontró que el tiempo de reposo es importante para lograr la precipitación total y para permitir que se lleve a cabo la oxidación completa.

En lo que respecta a la deshidratación, el proceso podría acelerarse con el uso de un secador además de alguna superficie de vidrio ya que al ser lisa permitiría colectar todos los polvos obtenidos que tienden a adherirse con el secado.

Durante la etapa de calcinación, se recomienda determinar el porcentaje de humedad de los lodos secos ya que en este caso solo se tomó en cuenta el peso después del secado y no después de la calcinación; esto serviría para tener mayor exactitud en cuanto al cálculo de rendimientos. .

Otro punto importante a considerar es el molido de los óxidos después de la calcinación ya que en este caso se hizo solo con un mortero, lo cual no asegura homogeneidad en la molienda. Se recomienda el uso de un molino de bolas para asegurar la disminución y homogeneidad del tamaño de partícula y así evitar la formación de partes con distinta intensidad de color en el vidriado.

Además es importante asegurar la limpieza del horno a utilizar ya que en este caso la suciedad de la mufla del laboratorio provocó contaminación de los vidriados.

La comercialización de los pigmentos estudiados en esta tesis en forma de polvos es posible ya que en nuestro país existe una gran cantidad de talleres en los que el pintado y vidriado de la cerámica se lleva a cabo de manera artesanal y depende del artista la cantidad y forma en la que se quieran usar. En el caso de que se utilizaran para vidriados en producción de cerámicas a gran escala, sería muy útil probar el efecto del cambio en la composición del vidrio ya sea agregando aumentando la cantidad de fundente o agregando un fundente distinto ya que los colores obtenidos a partir de estos óxidos a temperaturas menores de 1200°C son mucho más brillantes y atractivos que los obtenidos a temperaturas más altas y por lo tanto tendrían un mejor posicionamiento en el mercado. Además existen muchas otras opciones en las que se pueden utilizar estos pigmentos como la producción de lozas para piso y pinturas entre otros.