

GEOMEMBRANAS PARA EMBALSES DE RELAVESⁱ

ABIGAIL BECK, PE, MARK SMITH, PE, GE & KRISTIN SAMPLEⁱⁱ

Las razones por las cuales se emplean geomembranas en instalaciones de contención de relaves tienen todas como propósito, el reducir la posibilidad de fugas y su subsecuente riesgo de ocurrencia de “fallas,” mediante una mejor contención; la definición de “falla” incluye las fallas estructurales, la contaminación ambiental y el suministro inadecuado de agua. Para desechos relativamente benignos, como los relaves provenientes del proceso de flotación de algunas plantas de cobre, molibdeno y fosfatos, así como también de otros minerales y procesos, otros factores aparte de la contención ambiental, pueden llevar a la conclusión de que el uso de revestimiento en un embalse sea el enfoque óptimo. Ya sea para proteger el agua superficial o subterránea o para optimizar la recuperación de agua, las geomembranas suelen ser una opción costo-efectiva para la reducción de fugas, especialmente cuando el costo toma en cuenta un valor presente neto basado en el riesgo (ó “VPN en Riesgo”). En ningún pad de lixiviación moderno de gran escala se hace uso de revestimientos únicamente a base de suelos y esto, a menudo, se debe a factores tanto económicos como ambientales, ya que el valor de la solución en sí, que se pierde a través de los revestimientos de arcilla puede cubrir tanto el costo adicional que implicaría construir con geomembranas, como el costo de un adecuado aseguramiento de la calidad de la construcción (CQA, por sus siglas en inglés).

Para poder cuantificar “la cantidad de fugas evitadas” mediante el uso de una geomembrana, se llevó a cabo un análisis comparativo simplificado cuyo objetivo fue realizar una comparación entre las instalaciones de contención de relaves revestidas con geomembrana y las instalaciones no revestidas, ubicadas en lugares con presencia de arcillas de formación natural o arcillas compactadas de 1 de espesor, ($k = 1 \times 10^{-7}$ cm/sec.) con diversas cargas hidráulicas. El tamaño y la frecuencia de los defectos fueron estimados en base a datos de desempeño publicados, considerándose tres categorías de instalación de revestimientos: De alta calidad, de calidad promedio, y de baja calidad, las cuales representaban respectivamente, (i) una excelente instalación de revestimiento y programa CQA, (ii) una buena instalación con programa CQA, y (iii) una mala instalación sin un programa CQA efectivo. La siguiente tabla resume los resultados de dicha comparación.

Carga (m)	TASAS DE FUGA (Litros por Ha por Día)				Reducción de Fugas (%) (fuga por arcilla - fuga por geomembrana) / fuga por arcilla
	geomembrana de alta calidad	geomembrana de calidad promedio	geomembrana de baja calidad	solamente arcilla (1 m)	
1	6	37	79	864	de 91 a 99%
5	35	208	446	4,320	de 90 a 99%
10	86	503	1,077	8,640	de 88 a 99%
20	230	1,350	2,894	17,280	de 83 a 99%

El análisis de fugas demuestra que la instalación de una geomembrana reduce la pérdida de líquidos entre un 83% y un 99%, valores que superan los de la arcilla sola. Este enfoque proporciona una idea a grandes rasgos del ahorro de agua potencial resultante del uso de geomembranas en el diseño de embalse de relaves. Una referencia importante, que cabe destacar, sobre los revestimientos de geomembrana cuya instalación es de "baja calidad," es que los datos y los estudios internos sugieren que más del 30% de dicho tipo de instalaciones experimentan una falla que requiere, ya sea de una reconstrucción de considerable envergadura, o de ser reemplazados en su totalidad, (ó abandonados), lo cual no se ve reflejado en las tasas de fuga reportadas en la tabla precedente, (la tasa de ocurrencia de fallas en las instalaciones clasificadas como "de calidad promedio" ó "de alta calidad" es insignificante).

Un sistema de contención cuya instalación es clasificada de alta calidad, también reduce el riesgo de ocurrencia de fallas estructurales debido a diversos factores favorables. La reducción de la posibilidad de filtración en el dique y en los cimientos, mejora la estabilidad de los taludes y reduce el riesgo de erosión interna (ó "socavamiento"), que es la causa de la fallas en muchas presas, incluyendo los ampliamente conocidos casos de las fallas de la presas de "Los Frailes" (España) y "Omai" (Guyana). Un estudio reciente sobre fallas en presas de relaves llevado a cabo por la empresa del autor de este artículo, tomó en cuenta 122 fallas documentadas, hallando los siguientes eventos causantes: Solo la filtración fue la causa principal del 14% de las fallas; la inestabilidad de taludes del 30%; los cimientos del 11%; y los movimientos sísmicos del 20%. La inestabilidad de taludes, las fallas en los cimientos y las repuestas a movimientos sísmicos, son todos aspectos considerable y negativamente afectados por las superficies freáticas más altas en los diques y en los cimientos. Por consiguiente, un total del 75% de estas fallas estuvo directamente relacionado a eventos de filtración, y la probabilidad de ocurrencia de dichas fallas podría haber sido significativamente menor y estas podrían haber sido muy probablemente evitadas, mediante un sistema de revestimiento de buena calidad. Un sistema de revestimiento también permite que una presa sea diseñada más agresivamente; es decir, con taludes más empinados, con rellenos de dique menos costosos y complicados y con métodos de construcción más simples, que pueden compensar el costo del revestimiento. En resumen, el desecho convencional de relaves representa uno de los riesgos más altos en la minería y considerar estos aspectos en el diseño es bastante aconsejable.

Si entre los aspectos concernientes al diseño se incluyen la degradación ambiental, la conservación de agua o la reducción de riesgos, entonces el empleo de geomembranas en el diseño de instalaciones para el almacenaje de relaves o residuos, podría mejorar considerablemente su desempeño. Según se ilustra con un análisis cuantitativo comparativo de tasas de fuga, la construcción de embalses para relaves con geomembranas puede reducir las fugas hasta en un 99%. Adicionalmente, el riesgo de falla es mitigado, eliminándose substancialmente un 75% de la causas por las cuales ocurren la mayoría de las fallas en presas de relaves. Al emplearse técnicas de

instalación de calidad promedio o de calidad alta, se reduce aún más el riesgo de ocurrencia de fallas en los revestimientos de geomembrana, por lo menos en un 30%.

Primero publicado en inglés en The Mining Record, junio 2009

ⁱⁱAbigail Beck es Ingeniero Senior, Mark Smith es el Director Gerente, y Kristin Sample es Ingeniero Geotécnico en Vector Engineering Inc., empresa ubicada en Grass Valley, California. Para ponerse en contacto con ellos, escribir a las siguientes direcciones de correo: beck@vectoreng.com, smith@vectoreng.com, ó sample@vectoreng.com.