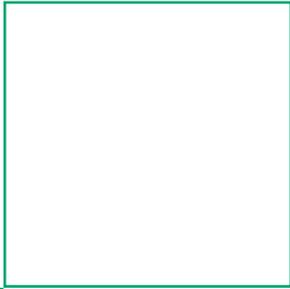


# MINERÍA

y GEOSINTÉTICOS





## MINERÍA

Minería y geosintéticos	4
Lixiviación en montones	6
Gestión de colas	8
Estanques de evaporación	10
Cierre de la mina	12
Caminos de acceso y otras estructuras geotécnicas	14
Control de calidad	16
Productos	18

# MINERÍA Y GEOSINTÉTICOS



## La forma en que la industria minera mundial controla sus costos y mejora el desempeño ambiental

Las tasas diarias de la minería, la escala de operaciones de un solo sitio y los costos asociados con la minería aumentan cada año. Los avances en las tecnologías de extracción aumentaron mucho las tasas de recuperación de los yacimientos. Los diseños de minas que antes se pensaron que eran demasiado grandes para ser posibles ahora se logran en uno o dos años de modo que hoy en día una mina promedio es significativamente más grande que una mina promedio de antes de hace sólo 10 años.

Para construir a esta escala, lo que a menudo es necesario debido a la alza en los precios del mercado y la competencia, y con el fin de brindar apoyo a los inversionistas se requiere de ingeniería sustancial para hacer las minas económicamente viables y ambientalmente sanas.

## Los materiales geosintéticos son la opción para que las compañías mineras logren sus metas.

Una gran cantidad de la producción anual mundial de geomembranas es utilizada por la industria minera, y por buenas razones. La lixiviación en montones ha crecido sustancialmente como una técnica para extraer material valioso del mineral. Se están construyendo montones de mineral de 200 m. Se implementan los diseños en la cima de montañas y "valles de lixiviación". Los sistemas de revestimiento geosintético contienen la solución preñada de modo que no se pierda por filtraciones en el suelo y no fluya hacia las vías fluviales locales. El oro, el cobre, el níquel, el uranio e incluso las tierras raras se están lixivianando en montones. Los geosintéticos contienen las valiosas reservas y aíslan los residuos (los colas), proporcionando así ventajas económicas y ambientales al sitio.

Los revestimientos "impermeables" mantienen el agua de las tormentas fuera de los montones de mineral para que la solución preñada no se diluya. De esta manera el procesamiento es más eficiente. Además, los sistemas de revestimiento geosintético protegen los recursos hídricos in situ. Debido a que los costos del agua en algunas regiones aumentaron hasta en un 300% durante los últimos cinco años, conservar el agua en las operaciones mineras remotas reduce significativamente los gastos.

La contención no es la única solución necesaria para mantener las operaciones mineras competitivas y viables. Se requiere de una amplia gama de trabajos geotécnicos para lograr un desempeño operacional y la seguridad ambiental. El refuerzo con geomalla estabiliza las bermas, los terraplenes, las paredes de la trituradora, y otras estructuras del suelo. Apoyan los caminos de acceso de modo que las cargas útiles de mineral de 100 toneladas puedan pasar diariamente durante años en el sitio sin fallas costosas de la carretera. (Si falla una carretera de acceso, una mina puede perder diariamente millones de dólares, en divisa de Estados Unidos [USD]). Los geotextiles proporcionan la separación de capas granulares, estabilidad del filtro en construcciones geotécnicas y protección de otros geosintéticos.

En combinación, estos materiales mejoran la recuperación de materiales valiosos, aíslan los residuos contaminados, mantienen los sitios abiertos y hacen que el esfuerzo de cierre de la mina sea más eficiente y menos costoso.





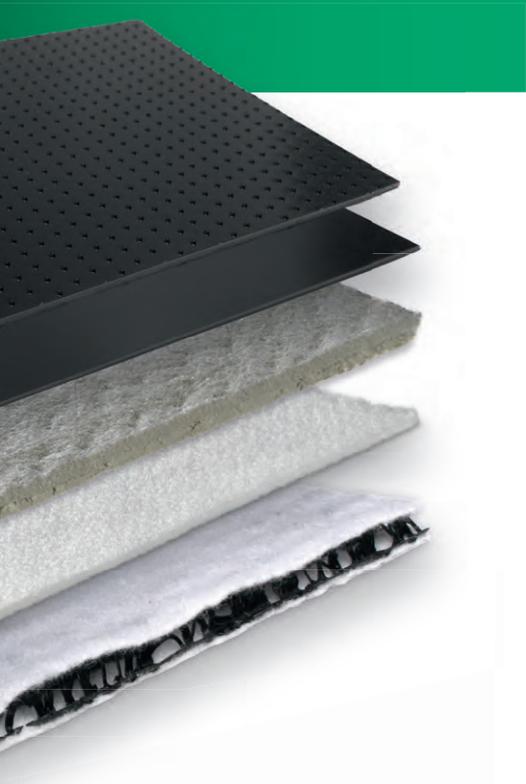
Las soluciones de NAUE para la industria minera están diseñadas para un desempeño a largo plazo en todos los ambientes y con la compatibilidad química necesaria para cumplir con los objetivos económicos y ambientales de las operaciones mineras actuales.

Dichas soluciones incluyen:

- Geomembranas Carbofol® de polietileno de alta densidad (HDPE)
- Revestimientos Bentofix® de arcilla geosintética (GCLs)
- Geomallas Secugrid® y Combigrid®
- Geotextiles no tejidos Secutex®
- Materiales Secudrain® de drenaje geocompuesto/ventilación de gas.



# LIXIVIACIÓN EN MONTONES



Sin lugar a dudas, la lixiviación en montones se ha convertido en un gran método impulsor del crecimiento de las operaciones mineras en todo el mundo. Hace varias décadas, sólo alrededor del 3% de los suministros de cobre y oro se producían mediante la lixiviación en montones. Hoy en día, el volumen supera el 30% anual. La valiosa calcopirita de cobre, que antes no se consideraba económica para su desarrollo por lixiviación en montones, ahora ya se obtiene mediante lixiviación en montones, al igual que el níquel laterita, el uranio e incluso las tierras raras.

El crecimiento de la lixiviación en montones está fuertemente ligado a la escala masiva con la cual se están construyendo las minas, con algunos sitios que requieren grandes inversiones. Los montones de lixiviación pueden crecer hasta los 200 m cuando las operaciones buscan probar y sostener más rápidamente el rendimiento del sitio.

La lixiviación en montones logra esto, pero sólo con el apoyo de contención de los geosintéticos. Las geomembranas y los revestimientos de arcilla geosintética (GCLs) se usan para forros de lixiviación en montones, revestimientos de trincheras de solución preñada, pozos de procesamiento, almacenamiento de agua en el sitio, cubiertas impermeables sobre montones de mineral para proteger de las agua pluviales (que podrían diluir la solución de lixiviación), y para la gestión del agua residual in situ.

Las soluciones de revestimiento geosintético permiten implementar desarrollos en pendientes pronunciadas (incluyendo la cima de la montaña). La solución preñada fluye más fácilmente desde el mineral apilado, y el material valioso no se pierde por filtración en suelos ni en aguas locales. El agua en el sitio se maneja de manera más eficiente, lo que también mejora la reducción de costos del sitio, ya que el manejo del agua y de aguas residuales refleja un costo importante en la minería.

De esta manera, al mejorar la economía de la minería con soluciones geosintéticas de contención, también se logra una mejor forma de perfeccionar el desempeño ambiental a largo plazo de la minería.

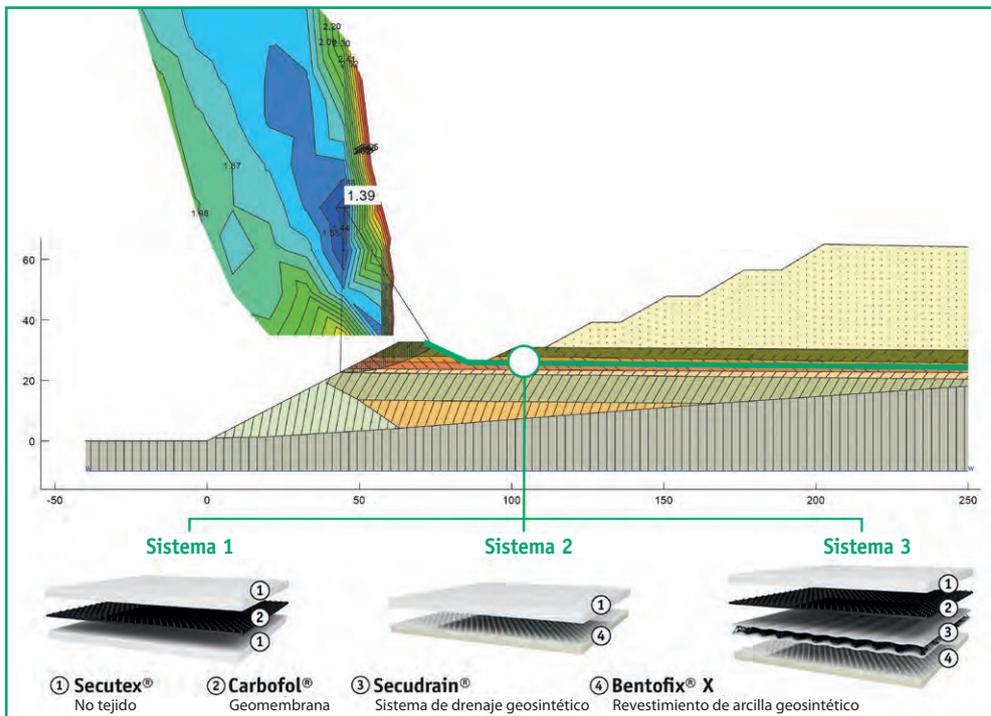


Figura 1  
Tres soluciones diferentes para un sistema de revestimiento de lixiviación en montones.



## SOLUCIONES NAUE

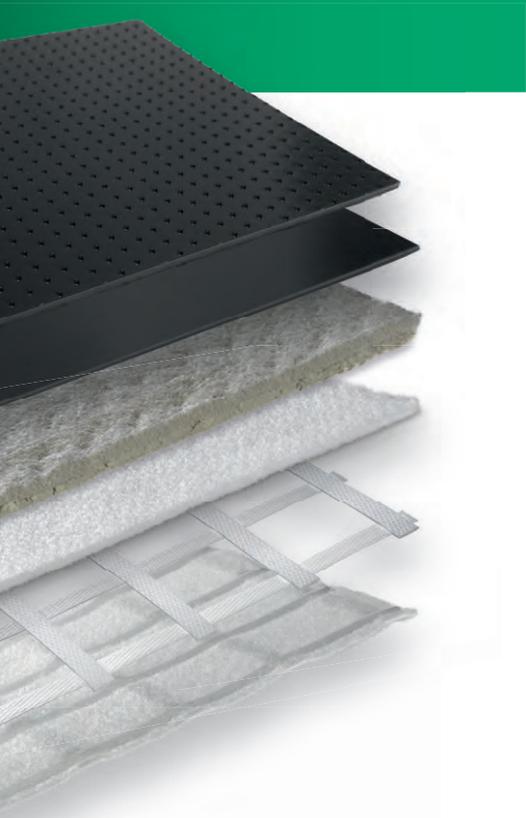
Las geomembranas Carbofol® de polietileno de alta densidad (HDPE) presentan excepcionales características químicas, de esfuerzo a la rotura, y de resistencia a los rayos UV. Tienen la durabilidad y compatibilidad química para soportar soluciones de lixiviación en montones de la minería agresiva así como en zanjas de solución. La texturización disponible puede mejorar las características de fricción necesarias para la estabilidad del sistema de revestimiento en pendientes. Y para la gestión del agua en el sitio y en el procesamiento de contención de fluidos, Carbofol® es excepcional.

Las geomembranas no son todo lo que los sitios mineros requieren. Los geotextiles Secutex® proporcionan una protección de largo plazo y robusta para las geomembranas en terrenos difíciles y en escenarios altos de montones de mineral.

Además, las soluciones de revestimiento compuestas (geomembranas Carbofol® con Bentofix® GCLs) proporcionan un rendimiento de revestimiento confiable, eficiente y de largo plazo para mejorar la economía de la lixiviación en montones y el desempeño ambiental en casi todas las operaciones mineras.



# GESTIÓN DE COLA



Cuando se extrae un valioso depósito de mineral, como el cobre o el oro, lo que queda del mineral es un residuo. A menudo, este residuo refleja un alto porcentaje del mineral manejado en la mina. Los colas potencialmente contaminados por el proceso de extracción o porque contienen componentes dañinos para el medio ambiente se deben aislar para evitar daños ambientales a largo plazo.

Los ingenieros de diseño que trabajan en minas deben asignar un espacio significativo para la contención adecuada de las colas. Toda o gran parte de esta área debe sellarse con un sistema de revestimiento geosintético impermeable (como por ejemplo, geomembrana) o por revestimiento compuesto (como por ejemplo, revestimiento de geomembrana/geosintético de arcilla). Estos sistemas de sellado protegen la base y las paredes de un embalse. A menudo, la superficie de los colas será cubierta por un sistema geosintético después del cierre de celda o de la mina.

A medida que las minas aumentan de tamaño, la ingeniería necesaria para contener adecuadamente el volumen de colas se ha intensificado. Esta ampliación de la contención con frecuencia no sólo requiere de sistemas de revestimiento, sino de sistemas de refuerzo y sellado para bermas perimetrales en estanques de colas. Las bermas más débiles hechas sólo de tierra corren el riesgo de sufrir saturación, erosión y la falla estructural.

Además, la creciente profundidad de los estanques de almacenamiento de colas requiere un diseño de ingeniería de contención más fuerte. Los geosintéticos utilizados deben ser duraderos y probados en ambientes agresivos a largo plazo. Por ejemplo, la profundidad de un estanque de colas puede ser superior a los 75 m. En estos casos, los residuos contaminados, generalmente lodosos, son demasiado profundos y peligrosos para que el sistema de revestimiento y refuerzo sea vigilado. Con la seguridad ambiental del sitio dependiendo de estos sistemas de protección ambiental, los geosintéticos seleccionados deben ser de total confianza.

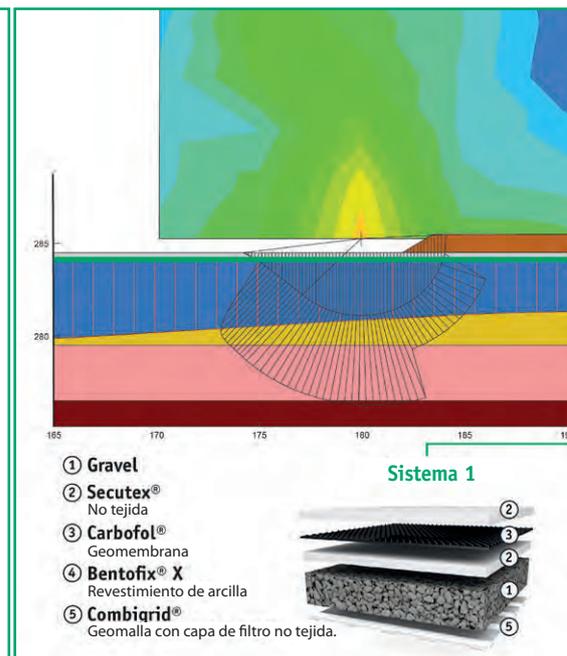
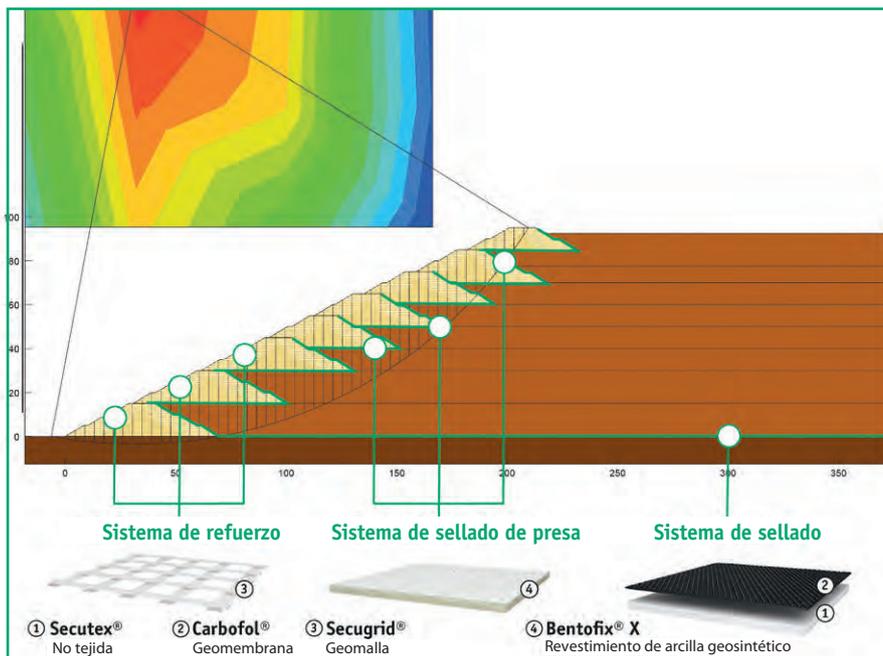


Figura 2 Sistema de revestimiento de un estanque de almacenamiento de colas con geosintéticos.

Figura 3 Taponamiento de un estanque de almacenamiento de colas con geosintéticos.



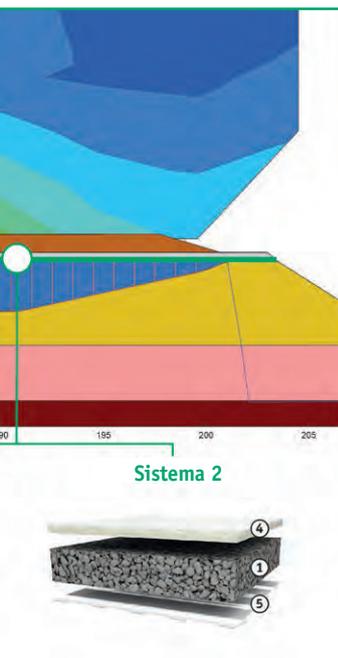
## SOLUCIONES NAUE

Las geomembranas Carbofol® de polietileno de alta densidad (HDPE) presentan excepcionales características químicas, de esfuerzo a la rotura, y de resistencia a los rayos UV. Su durabilidad y compatibilidad química está bien soportada por los registros de datos y proyectos en la gestión de colas.

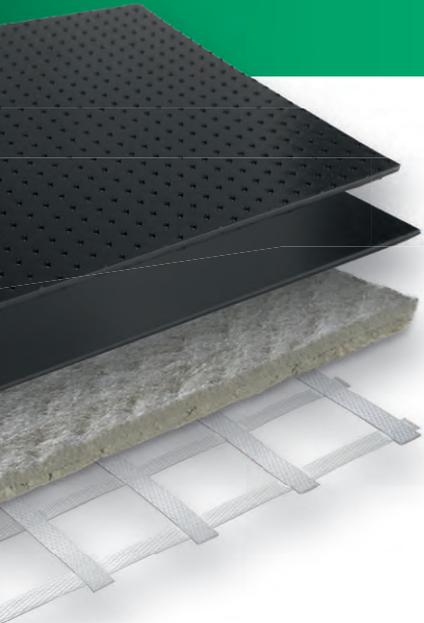
Los geotextiles Secutex® proporcionan una protección a largo plazo y robusta para las geomembranas, para el control del filtro de berma, la estabilidad de la pendiente y más.

Las geomallas Secugrid® y Combigrig® ofrecen una alta resistencia a las amenazas químicas y biológicas. Sus barras planas homogéneas y sus juntas soldadas de alta resistencia ofrecen un refuerzo robusto a largo plazo de las estructuras del suelo.

Además, las soluciones de revestimiento compuesto (geomembranas Carbofol® con Bentofix® GCL) proporcionan un rendimiento de revestimiento eficiente a largo plazo y una protección ambiental excepcional en instalaciones de gestión de colas.



# ESTANQUES DE EVAPORACIÓN



La evaporación se utiliza en una variedad de operaciones mineras para separar materiales valiosos del agua o salmueras. Por ejemplo, diversas sales se pueden extraer por evaporación. Las salmueras ricas en litio pueden concentrarse por evaporación.

Estos materiales, al cosecharse de estanques solares, se pueden refinar en artículos usados en una amplia variedad de industrias, en agricultura, en productos de alimenticios, etc.

Para los sitios en los que la remediación o el aislamiento de un contaminante es una meta, el acto de evaporación en un estanque de ingeniería también puede ser una solución eficaz, especialmente en el caso de sedimentos contaminados.

El proceso de evaporación generalmente requiere una escala significativa para ser más eficiente y económico.

Se usan soluciones de revestimiento geosintético para evitar la pérdida de materiales valiosos por filtraciones. También proporcionan una resistente protección ambiental. La naturaleza potencialmente agresiva del material que se extrae por evaporación requiere del cuidado ambiental, especialmente con las masas concentradas que produce el proceso de evaporación.

En muchas situaciones, las soluciones preñadas se bombean en el estanque de ingeniería durante varios ciclos hasta que el estanque se ha llenado con una cosecha suficientemente grande para justificar económicamente su recolección. El sistema probablemente estará expuesto tanto al material de interés como a condiciones ambientales difíciles durante un período de tiempo considerable (por ejemplo, años) antes de que se produzca la cosecha.

Por tanto, el rendimiento a largo plazo y la durabilidad son características esenciales para un sistema de revestimiento de estanque de evaporación.

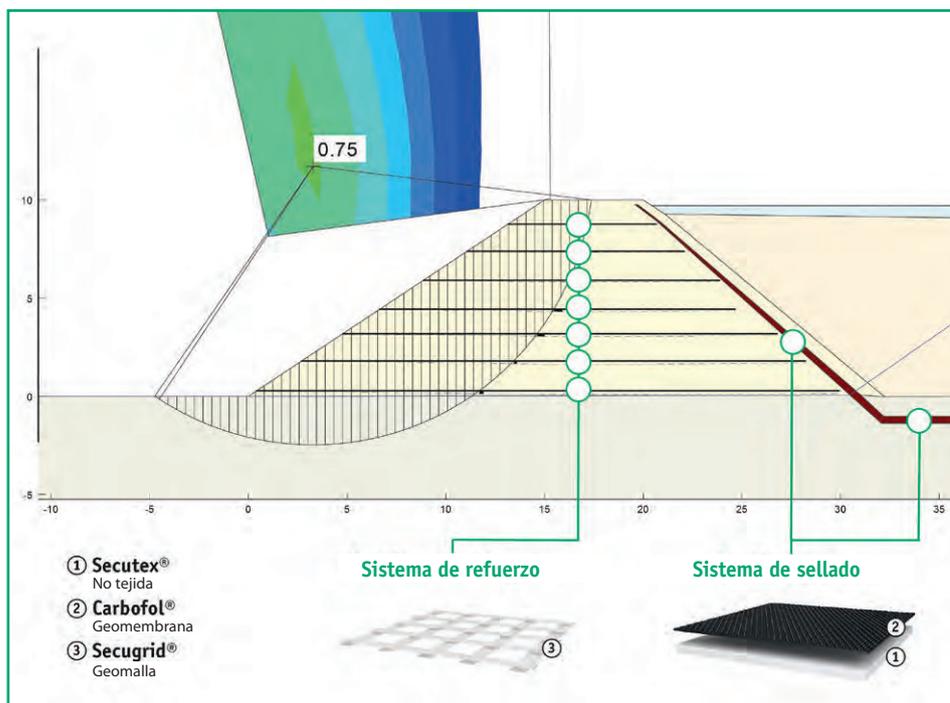
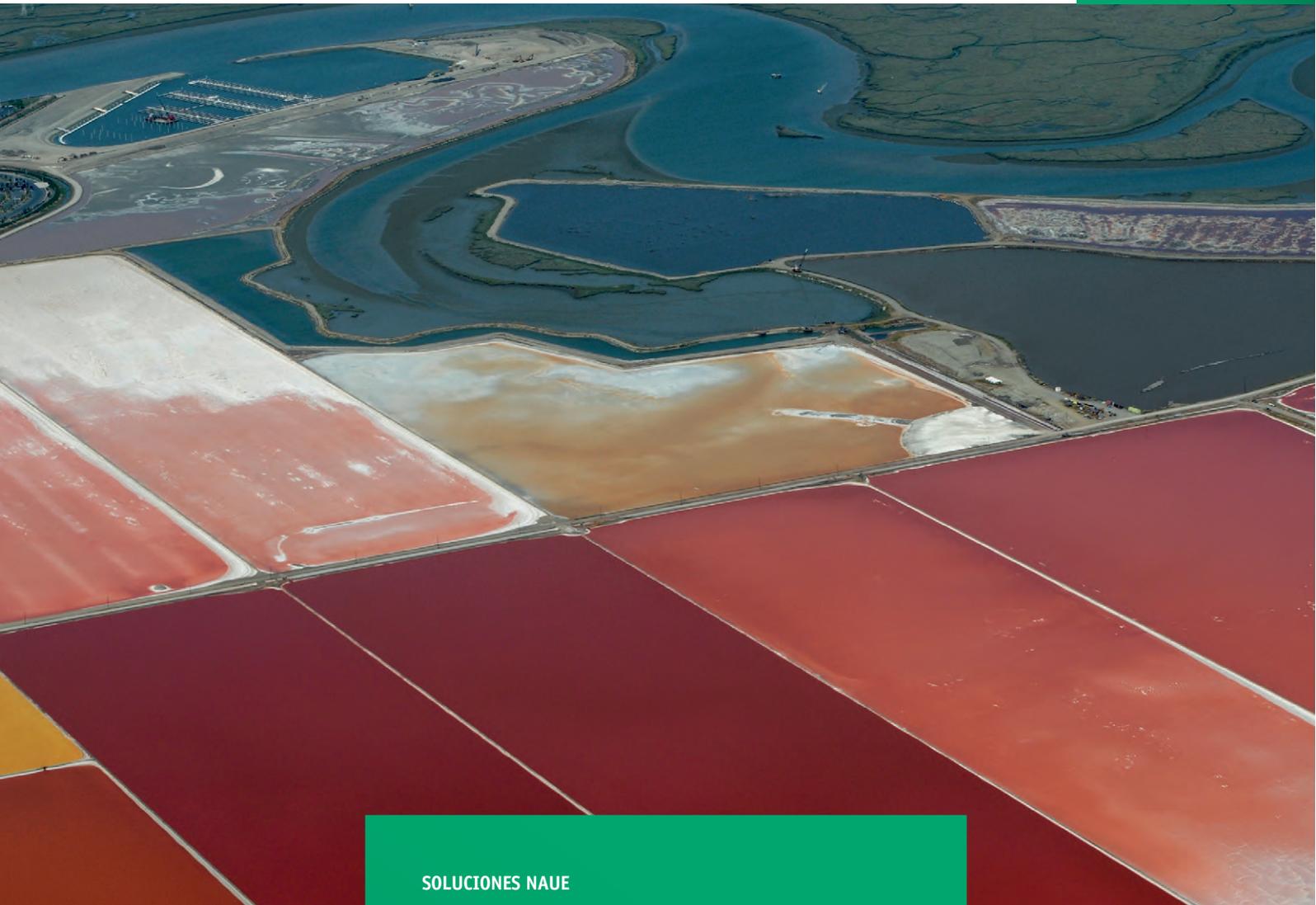


Figura 4  
Sistema de revestimiento para un estanque de evaporación, incluida la geomalla del refuerzo de suelo para la estructura de la presa.



## SOLUCIONES NAUE

Las geomembranas Carbofol® de polietileno de alta densidad (HDPE) presentan excepcionales características químicas, de esfuerzo a la rotura, y de resistencia a los rayos UV. Su durabilidad en condiciones de instalación difíciles las hace un material de revestimiento ideal para muchas instalaciones mineras, incluyendo los estanques de evaporación. Carbofol® es apto para diseños de contención expuestos y enterrados, y es robusto contra una amplia variedad de fluidos usados en operaciones de minería.

Los revestimientos Bentofix® de arcilla geosintética (GCLs) también se pueden usar en aplicaciones de estanques de evaporación, dependiendo de lo que se contenga. Así como uno debe garantizar que un polímero de geomembrana sea químicamente compatible con la solución a contener, con los GCLs se debe comprobar la compatibilidad química con el núcleo de bentonita. En ambientes más agresivos, los GCL revestidos con Bentofix®, con su barrera adicional de polímero de extrusión, podrían ser la mejor solución.

Tanto Carbofol® como Bentofix® están diseñados para una contención resistente y duradera en entornos difíciles. Sus eficientes rollos, incluida la opción Carbofol® de 9.3 m de ancho, permiten una cobertura considerable, reduciendo el tiempo de instalación y los residuos de material en el sitio.



# CIERRE DE LA MINA



La vida de una mina varía ampliamente. Se podría cerrar después de 6 meses debido a una disminución rápida en los precios de mercado para los metales. Ese mismo sitio podría reabrirse 10 años después cuando un aumento en los precios haga que el sitio sea económicamente viable de nuevo. Una mina podría funcionar durante 20 años con poca interrupción, pero a lo largo de esos años cambia tres veces el tipo de mineral valioso que procesa. La propiedad del sitio puede transferirse varias veces. El desarrollo de nuevas tecnologías de extracción podría provocar la reapertura de algunas instalaciones cerradas desde hace mucho tiempo para seguir con la explotación del mineral.

Sin importar lo que ocurra durante la fase activa de la vida de una mina, siempre está presente la necesidad de un cierre responsable. Las actividades mineras implican perturbaciones significativas de los suelos. Se utilizan productos químicos peligrosos. Las amenazas ambientales se mantendrán después de que cesen las operaciones.

Se utilizarán una serie de medidas para tratar y limpiar sedimentos in situ en el cierre y una serie de materiales potencialmente dañinos serán enterrados. En muchos sitios se hacen esfuerzos por devolver vegetación similar que existía en la zona antes del desarrollo de la mina.

Una de las maneras más eficaces para mejorar la seguridad a largo plazo del sitio es aislar lo que fueron las zonas mineras (por ejemplo, la antigua instalación de lixiviación en montones o de almacenamiento de colas) instalando un sistema de tapado geosintético.

Geomembranas, revestimientos de arcilla geosintética, geotextiles y materiales geocompuestos de drenaje se usan para cubrir, encapsular y aislar de manera limpia los suelos contaminados. Estos sistemas eliminan la infiltración por lluvias, evitan el escurrimiento contaminado, permiten la instalación de tierra limpia en la parte superior para restablecer la vegetación saludable y mucho más.

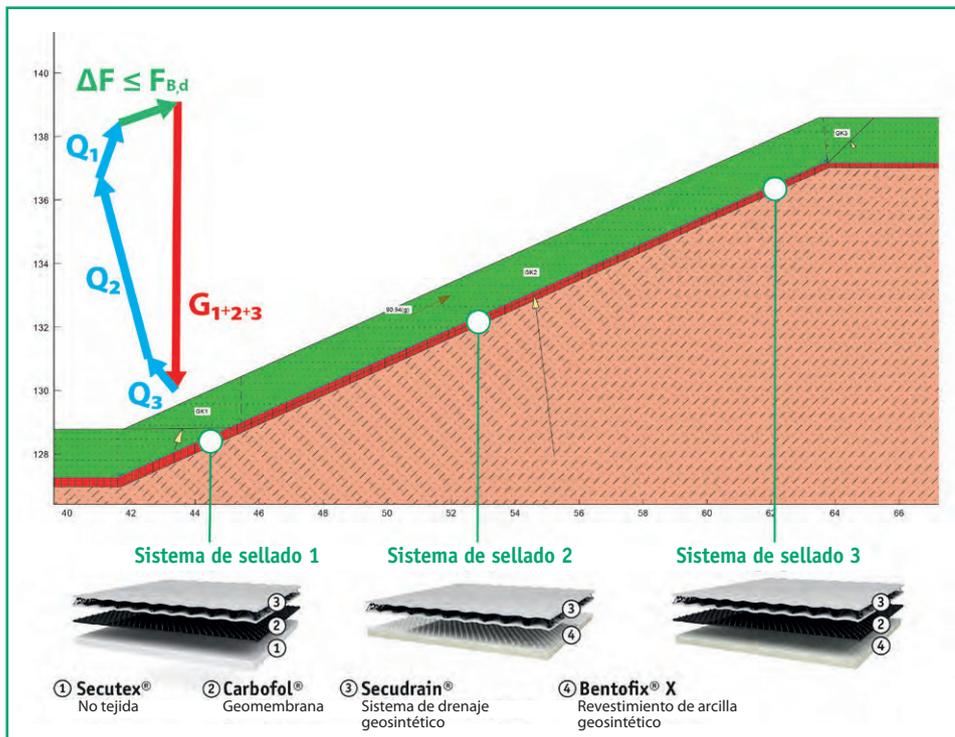
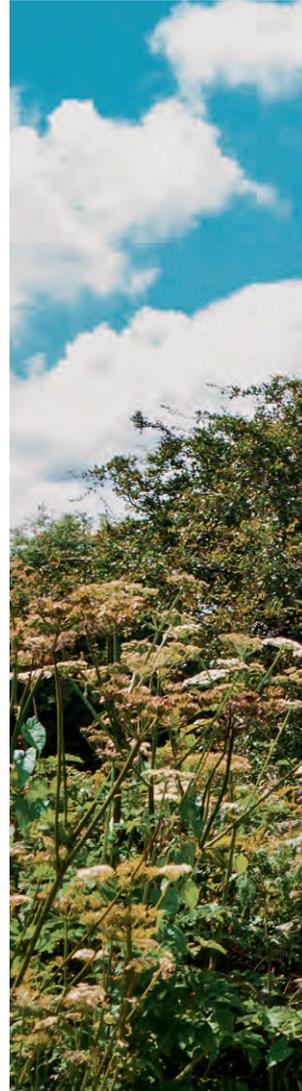


Figura 5 Soluciones de cierre geosintético para sitios mineros.





#### SOLUCIONES NAUE

Las geomembranas Carbofol® de polietileno de alta densidad (HDPE) presentan una excepcional resistencia química, biológica y de esfuerzo a la rotura. Su larga vida útil en instalaciones enterradas las convierte en una barrera impermeable ideal para aislar suelos contaminados, colas viejos y otras preocupaciones ambientales legales en la minería.

Los GCLs Bentofix® proporcionan un rendimiento de revestimiento eficiente a largo plazo y una resistente protección medioambiental en aplicaciones de tapado. El revestimiento polimérico de la serie Bentofix® X proporciona una protección adicional contra la desecación y la invasión de raíces, así como características mejoradas de barrera contra los gases.

Los geotextiles Secutex® proporcionan protección a largo plazo y robusta de los materiales del sistema de revestimiento, encapsulación y separación de suelos y estabilidad del filtro para un drenaje eficiente dentro de los diseños de cierre de la mina.

Secudrain® es un material compuesto multifuncional (geotextil y núcleo de drenaje) que proporciona filtración, protección y drenaje para la ventilación de gas y agua en sistemas de cierre las alfombrillas de control de erosión Secumat® tienen una matriz sintética que evita el deslizamiento y el lavado de las capas del suelo y de la cubierta, facilitando al mismo tiempo un crecimiento rápido de la vegetación.



# CAMINOS DE ACCESO Y OTRAS ESTRUCTURAS GEOTÉCNICAS



Las minas son, en muchos aspectos, ciudades pequeñas. Necesitan caminos, agua, potencia, manejo de residuos, alimentos, seguridad, vivienda, etc. Las carreteras de acceso son especialmente importantes para la viabilidad de una mina. El mineral debe moverse alrededor y lejos del sitio. Los envíos de suministros no deben verse afectados. Los retrasos del acceso en un solo día pueden costar mucho. La interrupción prolongada del acceso al sitio puede amenazar la operación continua de la mina, ya que los inversionistas y propietarios de minas podrían dejar de considerarla económicamente viable.

Los vehículos masivos usados en la minería de hoy requieren caminos extremadamente fuertes. Los transportistas mueven cargas de más de 100 toneladas. Para las operaciones de minerales, arenas bituminosas, rocas y de carbón, las carreteras deben soportar el paso repetido de estos vehículos durante años de actividades mineras.

Los materiales de refuerzo de geomalla y geotextiles de separación se utilizan para redistribuir las fuerzas de tracción dentro de la carretera y evitar la mezcla de finos y agregados gruesos. El aumento de la resistencia de la carretera mitiga el riesgo de erosión vial y cortes en ambientes húmedos o áridos.

Estos mismos materiales de control de refuerzo, separación y drenaje se usan en otras aplicaciones geotécnicas en la minería. El terreno difícil que caracteriza a muchos sitios requiere que se construyan varias construcciones verticales o casi verticales, como para apoyar las paredes de la trituradora. Las paredes de tierra estabilizada mecánicamente (MSE), reforzadas con geosintéticos, son una estrategia común y efectiva. Además, hay terraplenes, pilares, almohadillas de operación debajo de equipos pesados y grúas, y muchos otros puntos en los cuales los suelos deben ser reforzados para permitir que la pequeña ciudad de la mina funcione según se diseñó.

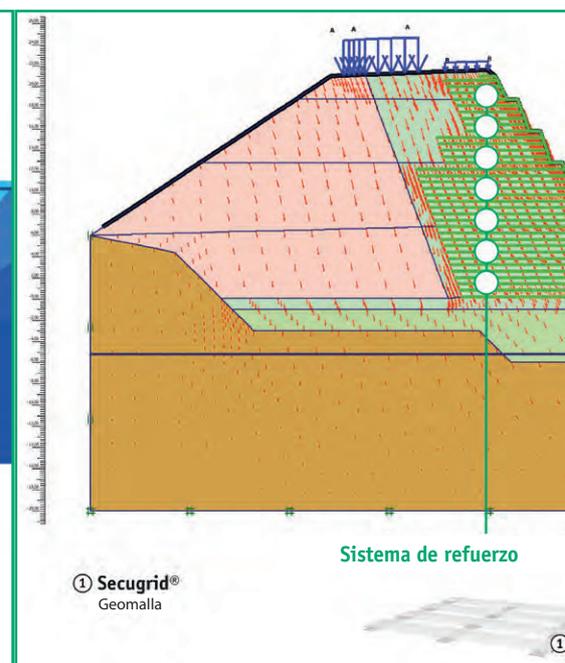
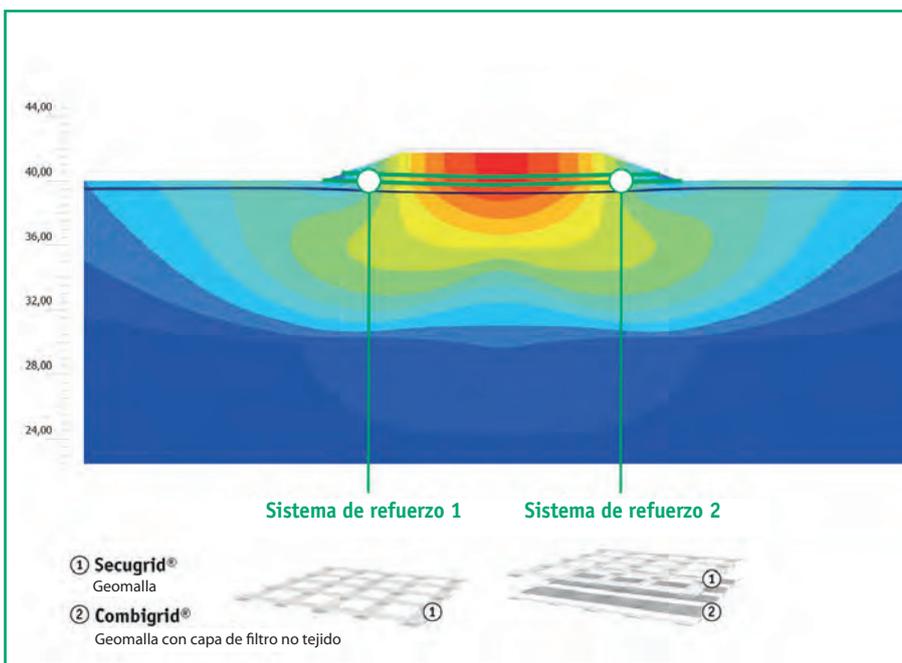


Figura 6 Soluciones de refuerzo de geomalla para caminos de acceso.

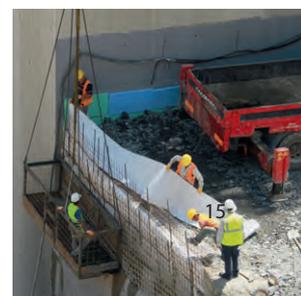
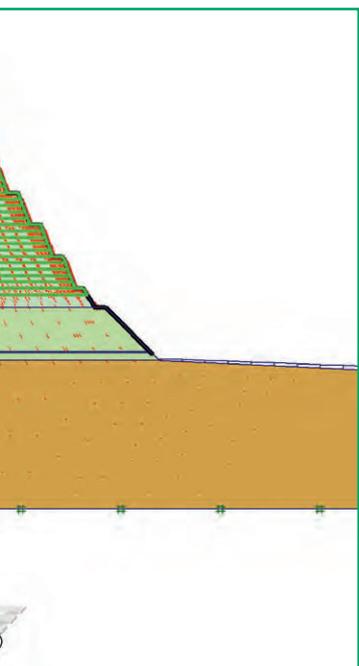
Figure 7 Refuerzo del suelo para muros de tierra estabilizados mecánicamente.



## SOLUCIONES NAUE

Las geomallas Secugrid® ofrecen un refuerzo robusto a largo plazo de carreteras y estructuras de tierra. Las geomallas Secugrid® alcanzan un alto módulo y una alta resistencia con bajos alargamientos, lo que les permite ofrecer un rendimiento a largo plazo en refuerzos de carreteras y ferrocarriles, en paredes MSE, estabilización de recubrimientos, terraplenes, plataformas de transferencia de carga y otras demandantes aplicaciones.

Los geotextiles Secutex® proporcionan una estabilidad del filtro y una protección robusta para un alto rendimiento en protección, separación, filtración y drenaje en aplicaciones geotécnicas. La matriz de fibra no tejida densamente perforada con aguja de fibras discontinuas de Secutex® mantiene las capas granulares en su lugar y proporciona una transmisividad eficiente en el plano para el apoyo de la carretera, la pared y otras estructuras de ingeniería en una mina.



# CONTROL DE CALIDAD



Las características de rendimiento de un geosintético están determinadas por componentes tales como su polímero, paquete de aditivos, fibras y otras materias primas. Estos componentes dan a los productos su compatibilidad química, resistencia a los rayos UV, durabilidad en condiciones expuestas o enterradas, resistencia biológica, su elongación y otras características necesarias para proporcionar la vida útil y resistencia adecuadas en una aplicación.

La calidad de estas materias primas, la manera en que se manejan y la tecnología utilizada para fabricar el producto final influyen aún más en el desempeño del material. Aquí, el programa de control de calidad (QC) de un fabricante es de vital importancia para garantizar que un geosintético entre en servicio en el campo en condiciones óptimas.

NAUE fabrica geosintéticos en instalaciones ISO 9001 certificadas y auditadas. Todos los productos están sujetos a un estricto análisis del material. Los certificados de prueba de aceptación, presentados por proveedores de materiales de base, son revisados y calificados de acuerdo con los protocolos específicos del producto.

Durante la producción, las medidas de garantía de calidad adicionales son realizadas por miembros de un equipo altamente capacitado que forman parte de una división especial y autónoma.

Los certificados ISO 10204 están disponibles para el control de calidad de fabricación y las medidas de aseguramiento de calidad realizadas durante la producción de los materiales. Los productos se liberan sólo cuando pasaron todas las revisiones y verificaciones de calidad, y cuando se llenó toda la documentación de apoyo.





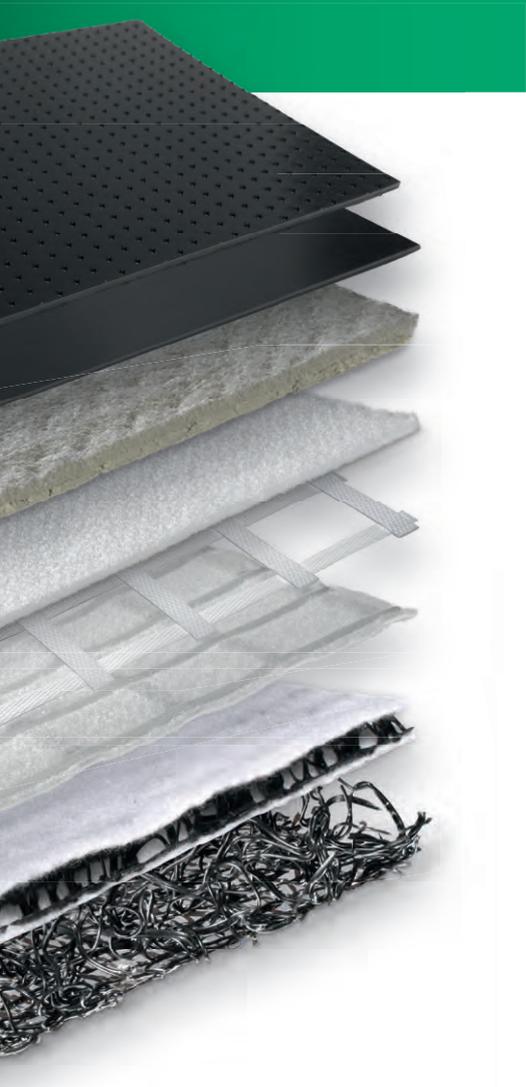
El control continuo de la calidad de fabricación está en el centro de las operaciones de NAUE. Desde la adquisición de materias primas hasta la producción y entrega del producto final, los componentes son revisados a fondo, el proceso de producción es monitoreado de cerca, la documentación es un proceso constante y el almacenamiento y manipulación siguen reglas estrictas para garantizar la integridad del material. Estas medidas son la mejor garantía de rendimiento del producto.

NAUE utiliza una revisión independiente de terceros para los procesos de calidad, datos de materiales e inventarios de producto. En ciertos casos de proyectos específicos, se retienen expertos independientes para probar las propiedades geosintéticas relacionadas con el proyecto como parte de la certificación de los resultados de las pruebas.

Además, la empresa hizo obligatoria la marcación CE para sus geosintéticos desde 2002. Es otra forma en que NAUE establece calidad y confianza en cada paso.



# PRODUCTOS



NAUE es una empresa certificada EN ISO 9001. La gama completa de productos geosintéticos de la compañía atiende a las diversas necesidades geotécnicas de la industria minera, proporcionando soluciones para la contención de material lixiviado y colas, el almacenamiento de agua in situ, gestión de aguas pluviales, control de erosión, aislamiento de contaminantes, refuerzo de estructura de suelo, estabilidad del camino de acceso, estanques de evaporación y mucho más.

Estos materiales están diseñados para su desempeño a largo plazo, proporcionando economía y efectividad ambiental para operaciones mineras en todo el mundo.

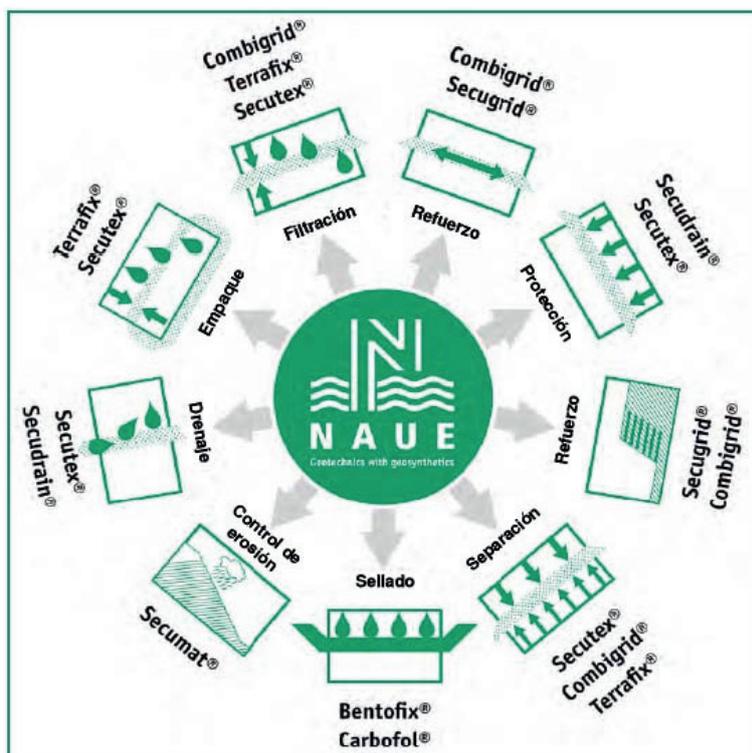
Entre los productos clave se incluyen:

- Revestimientos de arcilla geosintética Bentofix®
- Geomembranas Carbofol®
- Geomallas Combigríd® (refuerzo compuesto, filtración y separación)
- Materiales geosintéticos de drenaje/ventilación Secudrain®
- Geomallas de refuerzo de suelo Secugrid®
- Estera para control de la erosión Secumat®
- Geotextiles Secutex® para filtración, separación y protección
- Materiales de ingeniería hidráulica Terrafix®

Los geosintéticos NAUE se producen con un programa de control de calidad riguroso y con el apoyo de pruebas independientes, la certificación ISO y la auditoría de procesos, documentación sólida y un extenso proyecto y registro de datos.

El portafolio de presentación de la compañía cumple con todos los requisitos de las funciones geosintéticas en ingeniería civil, tales como filtración, separación, protección, drenaje, control de erosión, sellado y refuerzo. El desempeño de estos productos prolonga la vida útil, mejora la economía del proyecto y expande la sustentabilidad y protección del medio ambiente en las obras de ingeniería.



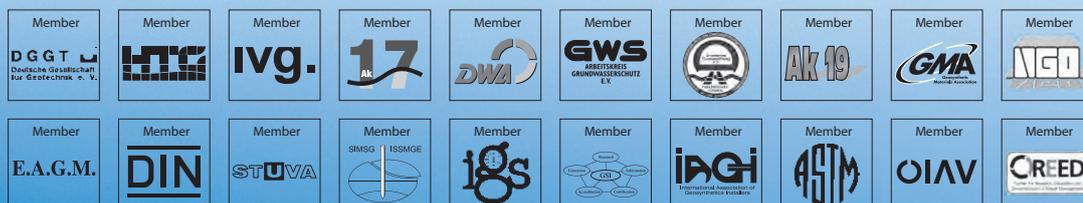




NAUE GmbH & Co. KG  
 Gewerbestr. 2  
 32339 Espelkamp-Fiestel  
 Alemania

Teléfono +49 5743 41-0  
 Fax +49 5743 41-240  
 Correo info@naue.com  
 Internet www.naue.com

Membresías del grupo NAUE



Aprobaciones para el grupo NAUE

