



International Geosynthetic Society

Geosintéticos en Ferrocarriles: Aplicaciones & Beneficios



Aplicaciones de Geosintéticos en Ferrocarriles

El uso de geosintéticos para reducir o reemplazar las capas tradicionales es ahora una práctica aceptada de la construcción y renovación del balastado de vías ferroviarias en todo el mundo (entiéndase como vía ferroviaria cuando se hace mención de una vía). Cuando se especifican e instalan correctamente, se ha demostrado que los geosintéticos:

- mejoran el rendimiento de la vía
- extienden significativamente la vida útil de diseño
- reducen el tiempo necesario para renovar una longitud específica de vía (o permiten que se renueve más en lapsos fijos de tiempo)
- reducen los costos generales de material.

Muchos países dependen en gran medida del ferrocarril para el transporte de productos a granel y servicios de pasajeros, y han introducido trenes más rápidos y pesados en los últimos años debido a la creciente demanda. Las grandes cargas cíclicas de los trenes de pasajeros y de transporte pesado a menudo conducen a un deterioro progresivo de la vía. Las deformaciones y degradaciones excesivas de la capa de balasto y el asentamiento diferencial inaceptable o el bombeo de los suelos subyacentes de subrasante blandos y compresibles requieren trabajos de mantenimiento de vías frecuentes y costosos. Una comprensión adecuada de los mecanismos de transferencia de carga y sus efectos en las deformaciones de la vía son requisitos previos esenciales para minimizar los costos de mantenimiento.

La vía férrea debe diseñarse para soportar grandes cargas cíclicas de trenes para brindar protección a los suelos de la subrasante contra la falla por corte progresivo y la deformación plástica excesiva. El diseño de la vía también debe tener en cuenta el deterioro del balasto debido a la rotura y las subsecuentes implicaciones en las deformaciones de la vía. El uso potencial de geosintéticos para mejorar la estabilidad de la vía y reducir el costo de mantenimiento está bien establecido.

Los geosintéticos pueden realizar las siguientes funciones en la construcción o rehabilitación de nuevas vías: separación de materiales con diferentes distribuciones de tamaño de partículas, filtración, drenaje, refuerzo basal y estabilización de suelos. En la construcción de vías férreas, los geosintéticos pueden instalarse dentro o debajo de las capas de balasto o sub-balasto.



Se dará énfasis aquí al uso de geosintéticos dentro y debajo de las capas de balasto y/ o sub-balasto. Los geosintéticos que se utilizan comúnmente en esta aplicación son geotextiles, geomallas, geocompuestos y geoceldas. La estabilización de la vía mediante geotextiles, geomallas o geoceldas conduce a una reducción significativa en la propagación hacia abajo de los esfuerzos y asegura un rendimiento más resistente a largo plazo. El geocompuesto puede proporcionar las funciones de estabilización, drenaje, filtración y separación, todo en un solo producto, reduciendo así las deformaciones verticales y laterales.

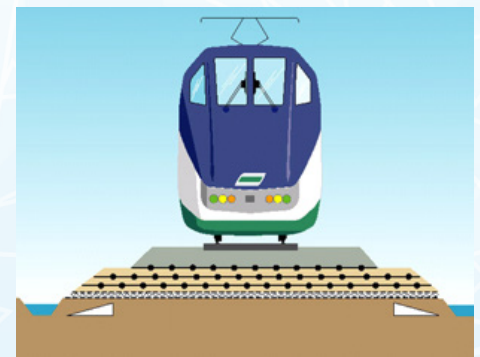
Taludes/ muros reforzados, control de erosión y refuerzo basal de terraplenes ferroviarios en suelo blando, no se abordarán aquí, pues se debe hacer referencia a los documentos específicos.

Los ferrocarriles a menudo se construyen sobre suelos blandos. Los ferrocarriles presentan características peculiares en cuanto a cargas aplicadas a la subrasante: un solo tren puede producir cargas de cientos de ruedas en pocos segundos, es decir, un tren produce cargas rápidas, repetidas y cíclicas; las cargas se distribuyen primero de las rieles a las traviesas, luego de las traviesas al balasto y finalmente del balasto al subsuelo; las cargas se aplican siempre a la misma zona. El efecto de tales cargas en

suelos blandos genera asentamientos absolutos y diferenciales, que pueden degradar rápidamente la calidad del segmento ferroviario. Se pueden utilizar geosintéticos para estabilizar la base ferroviaria, de manera que disminuyan los asentamientos y aumente la vida útil del ferrocarril.



Una vía férrea sobre suelo blando sin geosintéticos



Una vía férrea sobre suelo blando con geosintéticos

Separación y Filtración

El paso de trenes sobre el carril provoca el movimiento de las traviesas de la vía. Como resultado, los finos de la subrasante pueden bombearse hacia las capas granulares, reduciendo la resistencia y la capacidad de drenaje de estas capas.

Con el balasto colocado directamente sobre una subrasante de arcilla o limo, existe la posibilidad de que se forme una lechada en la interfaz balasto/ subrasante; particularmente si hay depresiones o



International Geosynthetic Society

Geosintéticos en Ferrocarriles: Aplicaciones & Beneficios



bolsas a nivel de formación. El tráfico regular hace que el balasto oscile en la interfaz, lo que perturba la arcilla/ limo, y la presencia de agua en las bolsas hace que las partículas formen una suspensión. A medida que el balasto se dilata, la lechada se mueve hacia el vacío. A continuación, la lechada se bombea hacia arriba a medida que se contrae el balasto.

Este efecto cíclico rápido hace que las partículas móviles de arcilla/ limo sean empujadas progresivamente hacia el balasto.

Los geosintéticos brindan una alternativa sólida a la solución tradicional de usar un sub-balasto graduado o una manta de arena colocada sobre la subrasante para que actúe como filtro/ separador para evitar el bombeo.

A diferencia de la arena, los geosintéticos son compactos para transportar y se colocan rápidamente de manera que la superficie queda lista para la colocación del balasto. Los geosintéticos tienen propiedades controladas en fábrica que no dependen de la necesidad, a diferencia de la arena, de colocar el espesor correcto de manera uniforme a lo largo y ancho de la vía. Además, la excavación y eliminación del relleno se reducen cuando se usa un geosintético para reemplazar la cama de arena.

Los geosintéticos (generalmente geotextiles o geocompuestos) se pueden usar efectivamente para separar capas de la estructura de soporte de la vía con diferentes tamaños y propiedades de partículas.

Además, los geosintéticos pueden reducir la penetración de partículas granulares en una subrasante blanda, manteniendo así el espesor y la integridad de las capas granulares y aumentando la vida útil de la vía. Para proporcionar esta función, el geosintético debe ser resistente a esfuerzos concentrados (desgarre, punción y estallido) y tener tamaños de apertura compatibles con los tamaños de partícula del material a retener.

El flujo de agua desde la subrasante hacia las capas granulares superpuestas puede transportar partículas finas desde la subrasante. Esto puede ocurrir por el aumento de los niveles de esfuerzo en la subrasante debido al paso de trenes y bombeo. En este caso,

un geotextil puede actuar como filtro, permitiendo que el agua pase libremente mientras se retienen las partículas sólidas de la subrasante. Para cumplir la función de filtración, el geotextil debe tener adecuadas propiedades de permeabilidad y retención, y ser resistente a la obstrucción.

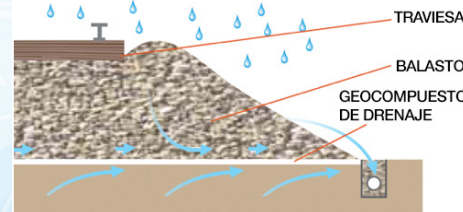


Ejemplo de rejilla de alta resistencia

El Drenaje

Un buen drenaje es de vital importancia para evitar el deterioro de la vía debido a la acción del agua proveniente de la precipitación sobre la vía o que fluye desde la subrasante hacia las capas de balasto. Un geocompuesto de drenaje (GCD) instalado en puntos relevantes de la estructura de la vía puede proporcionar un drenaje transversal, evitando la acumulación de agua.

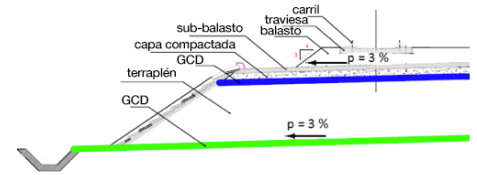
En esta aplicación, el geocompuesto debe tener una gran capacidad de descarga adecuada y ser resistente a daños mecánicos.



Ejemplo de rejilla de alta resistencia

El GCD se puede colocar en la parte superior del terraplén del ferrocarril (generalmente debajo del sub-balasto o la capa compactada) o en la parte inferior del terraplén. En ambos casos, generalmente se proporciona una pendiente lateral de 2,00 - 3,0%. Por lo tanto, el gradiente hidráulico del flujo de agua en el GCD es: $i = 0.02 - 0.03$.

Cuando el GCD se coloca en la parte superior del terraplén del ferrocarril, el GCD está sometido a



Sección transversal típica de ferrocarril con los geocompuestos de drenaje (GCD) posiblemente colocados en la parte inferior y/ o en la parte superior del terraplén

unos pocos ciclos de muy alta presión, del orden de 500 kPa, solo durante el paso del rodillo de compactación; mientras que durante la vida útil el GCD está sujeto a millones de ciclos de baja presión. Por lo tanto, la tasa de flujo de los GCD en aplicaciones ferroviarias debe medirse en condiciones dinámicas con un gradiente hidráulico bajo, ya que la tasa de flujo proporcionada por las pruebas estáticas estándar puede resultar en tasas de flujo más altas que las realmente disponibles. Cuando el GCD se coloca en el fondo del terraplén, la carga estática producida por el peso propio del suelo es predominante con respecto a la carga de las ruedas del tren, lo que produce presiones despreciables sobre el GCD. Por lo tanto, cuando el GCD se coloca en la parte inferior del terraplén del ferrocarril, la carga a considerar es una carga estática a largo plazo, con una contribución insignificante de la carga dinámica producida por los pasos de las ruedas del tren.



Instalación de un geocompuesto drenante en la base del terraplén ferroviario. En este caso el GCD está instalado en el terraplén

Cabe señalar que los GCD proporcionan no solo la función de drenaje, sino también las funciones de filtración y separación. Además, el núcleo de drenaje crea un espacio vacío lo suficientemente



International Geosynthetic Society

Geosintéticos en Ferrocarriles: Aplicaciones & Beneficios



grueso para constituir una barrera infranqueable para la tensión superficial del agua, evitando así completamente la elevación capilar y el bombeo fino hacia las capas granulares.

Estabilización

La carga de la rueda del tren está siempre en la misma posición y el paso de cada tren produce ciclos rápidos de carga - descarga (presión y liberación de presión), que provocan una rápida degradación de la estructura ferroviaria por deformaciones del suelo blando; los ciclos de carga y descarga producen el bombeo de los finos desde la subrasante hacia el balasto, que pierde rápidamente sus propiedades de fricción; Entonces se producen deformaciones laterales y longitudinales de las vías y se reduce la velocidad media de toda la vía férrea.

Con la estabilización de la base se minimizan todas las deformaciones y la estructura ferroviaria puede soportar un número mucho mayor de ciclos sin reducción de velocidad; un geocompuesto de drenaje colocado en la interfaz de la subrasante puede eliminar totalmente el efecto de bombeo.

Generalmente se acepta que los geosintéticos (en particular las geomallas y las geoceldas) pueden proporcionar estabilización y confinamiento lateral al balasto y sub-balasto.

El efecto de confinamiento de un geosintético estabilizador es especialmente importante en la aplicación ferroviaria, ya que el movimiento lateral de partículas granulares es una de las principales causas del asentamiento del sub-balasto y del balasto. Sin embargo, la capacidad de rigidizar también es importante, especialmente cuando la construcción se lleva a cabo en una subrasante blanda: el agregado más rígido distribuye la carga de manera más eficiente sobre el suelo subyacente, reduciendo así tanto el movimiento dinámico (deflexión vertical de la vía durante un solo ciclo de carga) como el asentamiento a largo plazo de la infraestructura de la vía debido a la consolidación de la subrasante.

Dependiendo del beneficio requerido, el geosintético estabilizador puede colocarse dentro de la capa de balasto, en la interfaz de la capa de balasto y sub-balasto, y/ o directamente sobre la subrasante; cuando se incluye en la parte inferior o dentro de una capa de balasto, el beneficio principal es una extensión del ciclo de mantenimiento, es decir, el período entre la limpieza del balasto y las operaciones de reemplazo; cuando se utilizan geomallas o geoceldas debajo para estabilizar el sub-balasto, el propósito principal es aumentar la capacidad de carga efectiva del sistema subrasante blanda – sub-balasto estabilizado.



Geotextil - geocompuesto de geomalla colocado directamente en la subrasante blanda para proporcionar separación, filtración y estabilización



Uso combinado de geoceldas, geomallas y geotextiles no tejidos para estabilizar vías férreas

Las partículas de arcilla se pueden bombear hasta 1 m sobre la superficie de la subrasante.

Cuando la estructura del ferrocarril se coloca directamente sobre una subrasante blanda, puede ocurrir fácilmente el bombeo de partículas finas de suelo. En estos casos se suele requerir separación y filtración junto con estabilización; para este propósito, se pueden colocar geocompuestos específicos (geotextil - geomalla) directamente sobre la subrasante blanda para proporcionar las tres funciones requeridas. El uso combinado de geoceldas y geomallas para confinamiento lateral y estabilización, y geotextiles no

tejidos para separación y filtración, es una solución que ha demostrado ofrecer altos rendimientos.

Con base en pruebas de laboratorio y una amplia experiencia en el uso de geosintéticos estabilizadores en proyectos en todo el mundo, se pueden obtener los siguientes beneficios de la estabilización de geosintéticos:

- La estabilización puede reducir la tasa de asentamiento permanente de vías, particularmente en subrasantes blandas
- La deformación elástica de la vía para un ciclo de carga individual se puede reducir debido al efecto de refuerzo de los geosintéticos estabilizadores.
- La estabilización puede extender el intervalo entre mantenimiento
- El uso de geosintéticos estabilizadores puede proporcionar importantes ahorros de costos iniciales y a largo plazo.

Geomembranas Dieléctricas

En algunas situaciones, particularmente cuando la energía eléctrica se suministra desde las vías, puede existir el requisito de garantizar que ninguna carga de las vías llegue a la superficie de la plataforma y afecte a los pasajeros que esperan en la plataforma.

En estos casos, a menudo se especifica un valor dieléctrico mínimo de $1000 \Omega / m^2$ a 10.000 V. Las geomembranas dieléctricas, producidas con polímeros específicos, ofrecen altas propiedades dieléctricas y pueden proporcionar el alto grado de protección eléctrica requerido para esta aplicación.

Es posible que se requiera geotextil de protección para evitar comprometer la integridad de la membrana durante la instalación y el servicio.

Las propiedades eléctricas de las geomembranas dieléctricas incluyen: fuerza dieléctrica, constante dieléctrica, factores de disipación y resistividad volumétrica.

If properly specified and installed, geosynthetics can improve the performance of railroads, increasing their life time and the time between maintenance cycles.



International Geosynthetic Society

Geosintéticos en Ferrocarriles: Aplicaciones & Beneficios



Acerca de la IGS

La Sociedad Internacional de Geosintéticos (IGS) es una organización sin fines de lucro dedicada al desarrollo científico y de ingeniería de geotextiles, geomembranas, productos relacionados y tecnologías asociadas. La IGS promueve la difusión de información técnica sobre geosintéticos y sus usos apropiados a través de un boletín (IGS News), dos revistas oficiales (Geosintéticos International y Geotextiles and geomembranas), conferencias y seminarios técnicos, grupos de trabajo dedicados, más de 40 capítulos nacionales, publicaciones especiales y muchos otros métodos de comunicación y divulgación.

Descargo de responsabilidad: la información presentada en este documento ha sido revisada por el Comité de Educación de la Sociedad Internacional de Geosintéticos y se cree que representa fielmente el estado actual de la práctica. Sin embargo, la Sociedad Internacional de Geosintéticos no acepta ninguna responsabilidad que surja en cualquier forma de uso de la información presentada. La reproducción de este material es permitida si se indica claramente la fuente.

Contáctese con Nosotros

IGSsec@GeosyntheticSociety.org
www.GeosyntheticSociety.org