



SOLUCIONES EN

VÍAS FÉRREAS



Dentro de las múltiples soluciones de ingeniería que ofrece el [Grupo TDM](#), se encuentran las destinadas a satisfacer las necesidades del sector ferroviario.

El [Grupo TDM](#) conecta soluciones de ingeniería a nivel mundial con las necesidades de cada proyecto, lo que permite ofrecer diferentes alternativas para un mismo problema.



1. Refuerzo de balasto y sub-balasto.
2. Refuerzo de terraplén.
3. Control de erosión y vegetación en taludes.
4. Obras complementarias.

Problemas en Vías férreas

PROBLEMA

Los problemas principales en vías férreas son derivados de la inestabilidad que pueda presentar tanto el pavimento, como el suelo de cimentación, donde se apoyan los durmientes de la vía, debido a la combinación, principalmente, de las cargas aplicadas, altas velocidades, geometrías complejas y vibración excesiva. Todo esto se traduce en deformaciones, desplazamiento de partículas finas hacia el balasto, pérdida de resistencia y asentamientos diferenciales.

Cuando las ferrovías se construyen sobre suelos blandos, el mantenimiento regular de las capas de pavimento y cimentación se torna mas frecuente, interrumpiendo las operaciones normales de trabajo y originando mayores costos de mantenimiento, sin mencionar el riesgo latente de fallas que puedan llegar a paralizar las operaciones.



Mejoramiento de Subrasante o
refuerzo de balasto y sub-balasto
con geomallas TRIAX®



SOLUCIÓN 1

La performance de cualquier vía férrea está directamente relacionada con las características y desempeño del balasto y sub-balasto que conforman la estructura de pavimento.

Diseñado para reforzar y estabilizar las capas granulares del pavimento, el sistema de mejoramiento de ferrovías **SPECTRARAIL®** es una solución rentable y comprobada, que utiliza geomallas rígidas tipo **TRIAX®**, en aplicaciones que van desde vías ligeras hasta grandes estructuras pesadas, permitiendo prolongar la vida útil o reducir espesores de pavimento, sin sacrificar el desempeño de la vía. Así mismo, **TRIAX®** ayuda a las instalaciones férreas a controlar los asentamientos diferenciales, así como el desgaste del balasto en general, lo cual reduce los costos de mantenimiento a corto y largo plazo.



Geomallas triax[®] El efecto combinado de las geomallas TRIAX[®] en vías férreas:

Cuando son aplicadas las cargas de los trenes, su estructura triangular actúa de forma similar a una raqueta de nieve (calzado de los esquimales), transmitiendo de forma radial los esfuerzos verticales, distribuyéndolos en un área mayor, lo que se traduce en menor espesor de capas granulares.

Cuando son aplicadas las cargas, las geomallas TRIAX[®] se traban mecánicamente con las partículas del agregado granular colocado sobre ellas, restringiendo su desplazamiento lateral, lo que se traduce en un aumento de capacidad estructural.



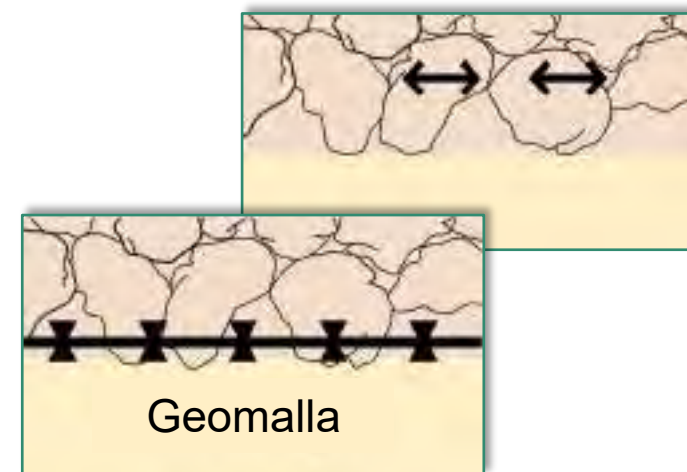
ESTABILIZACIÓN DE BALASTO

Durante la vida útil de un tramo de vía férrea, aun teniendo suelo firme, se produce el asentamiento del balasto a medida que partículas del mismo migran lateralmente por el efecto de las cargas dinámicas cíclicas sobre la vía.

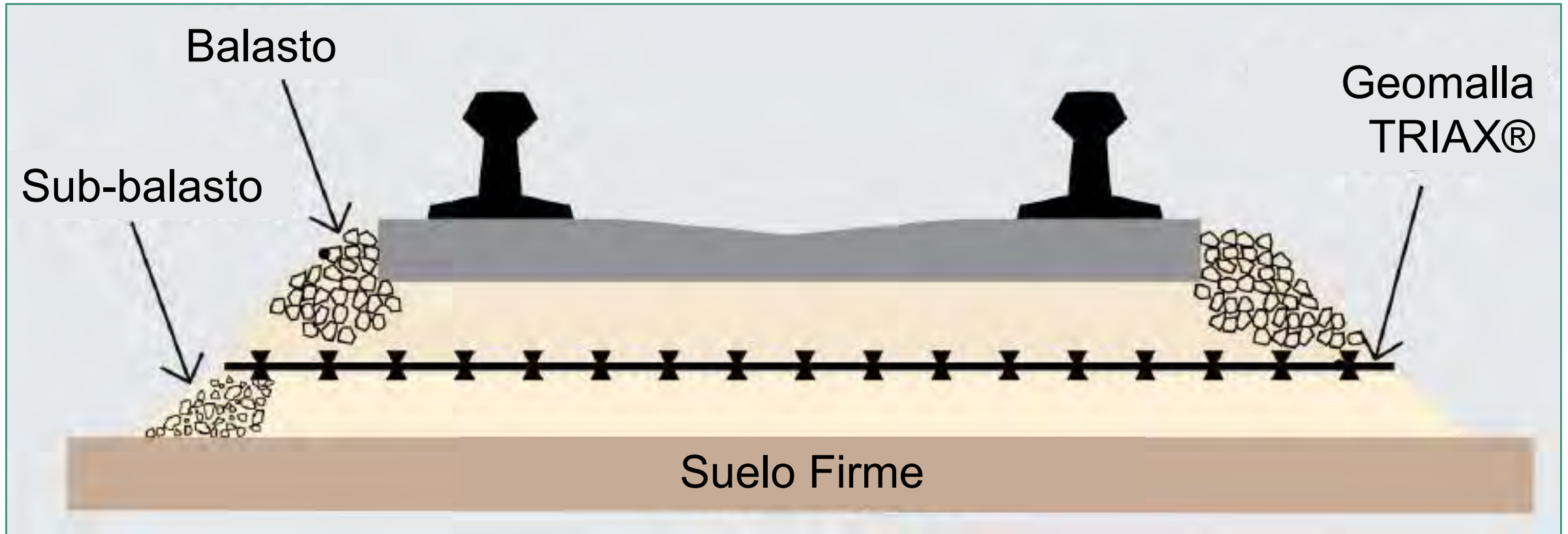
La estabilización mecánica de la capa de balasto, a través de la trabazón mecánica del agregado con las aberturas de la geomalla **TRIAX®**, reduce significativamente la tasa de asentamientos diferenciales, además de ofrecer los siguientes beneficios:

- Mantener la geometría de la pista por más tiempo.
- Vida útil del balasto por mas de 20 años.
- Reducción de la degradación del balasto inducida por el trafico.
- Aumenta el período entre los eventos de mantenimientos del balasto.

Limitación de movimiento lateral.



ESTABILIZACIÓN DE BALASTO





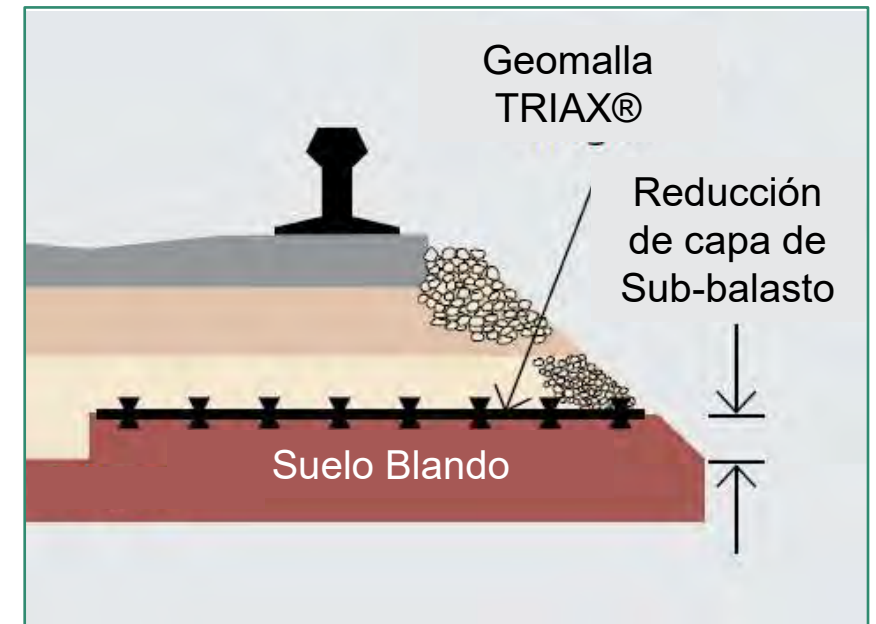
VER VIDEO

ESTABILIZACIÓN DE SUB-BALASTO

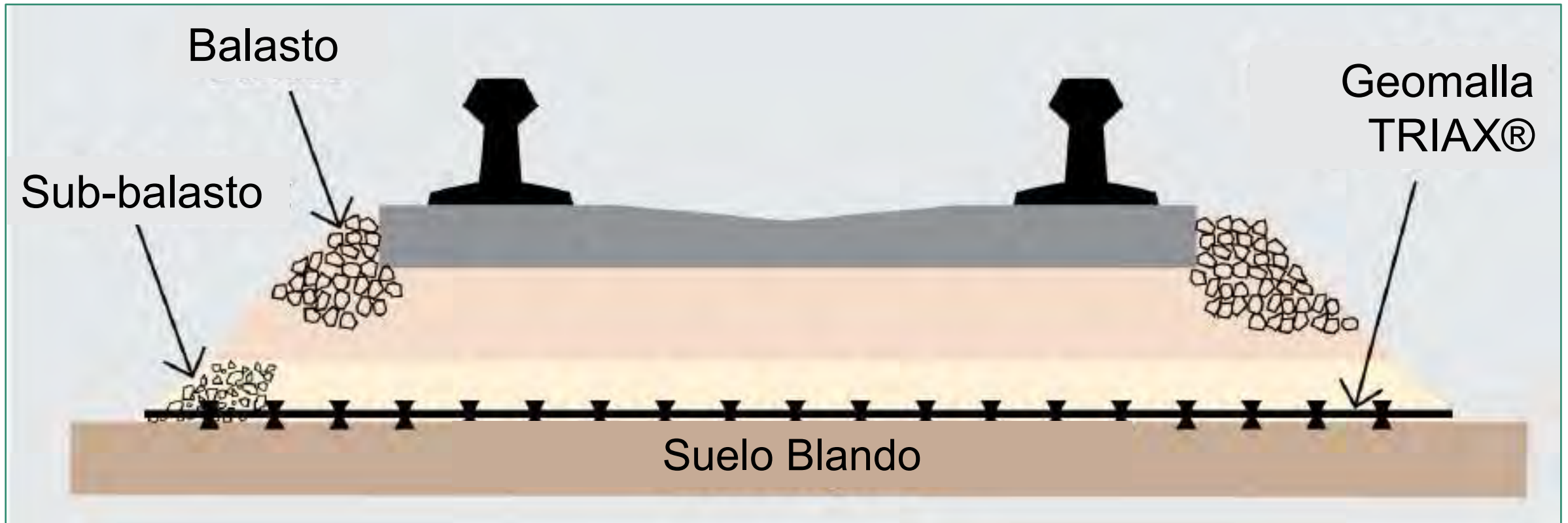
Cuando las vías se construyen sobre subrasantes blandas, comúnmente se substituye el material local de baja capacidad de soporte, por material granular de banco, aumentando los costos de construcción por trabajos adicionales como excavaciones, transporte y compactación de material de mejoramiento, eliminación de materiales de excavaciones o, en resumen, pérdida de productividad.

La solución a una baja capacidad de carga del suelo es la inclusión de una geomalla **TRIAX®**, que permite estabilizar suelos blandos, permitiendo optimizar significativamente el espesor de la capa de sub-balasto o subrasante, además de los siguientes beneficios:

- Prolongación de la vida útil de la capa de sub-balasto.
- Aumento de velocidad de construcción.
- Minimización de los efectos de las subrasantes débiles.
- Distribución de cargas de forma más eficiente a lo largo de la subrasante.



ESTABILIZACIÓN DE SUB-BALASTO



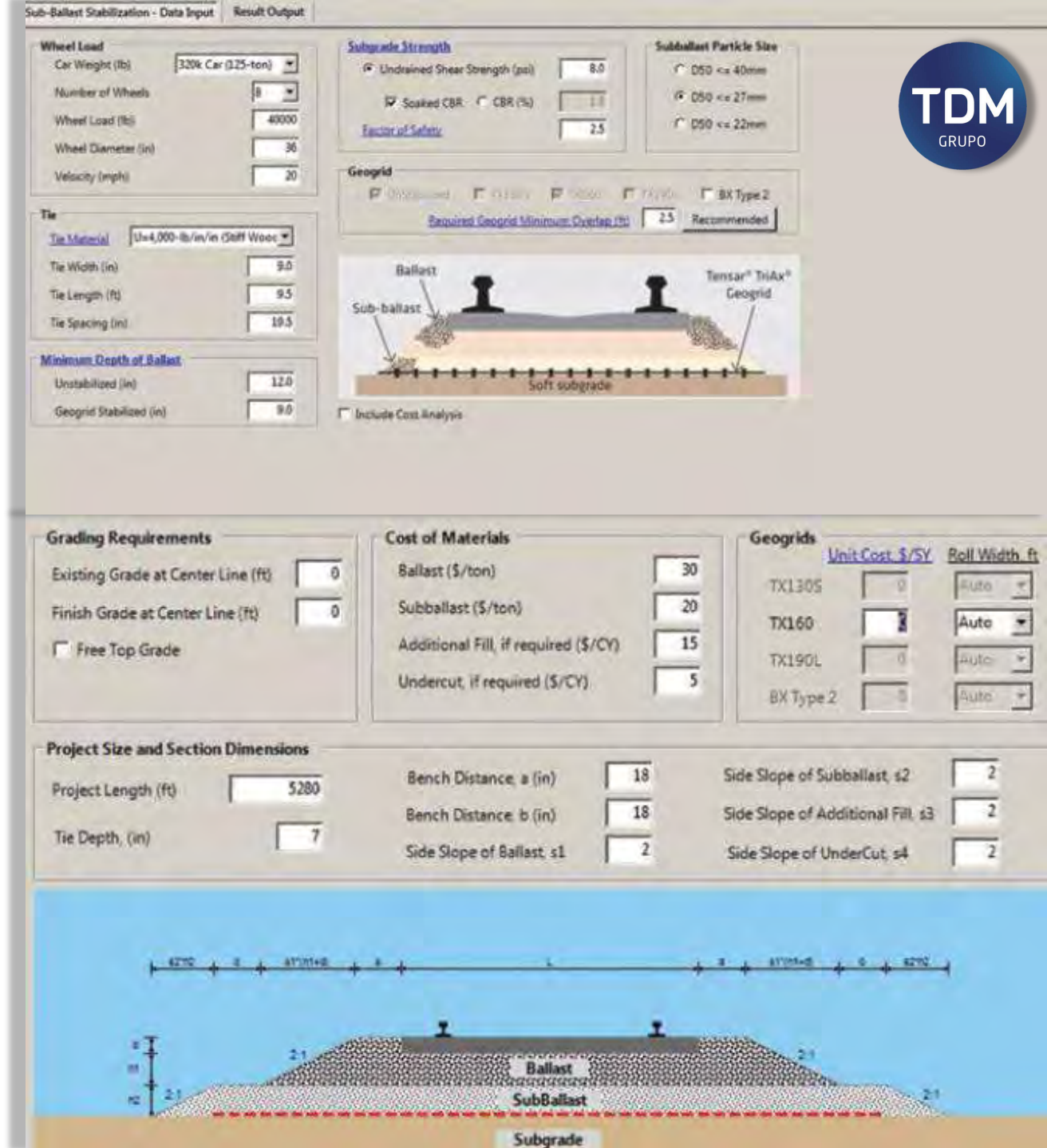


VER VIDEO

SOFTWARE SPECTRARAIL®

El software SpectraRail™ proporciona a los ingenieros una herramienta para evaluar las opciones de diseño y optimizar los sistemas ferroviarios utilizando geomallas TRIAX®, este software permite a los usuarios:

- Comparar y evaluar los diseños de las vías de ferrocarril no estabilizadas y mecánicamente estabilizadas con un análisis integral de costos para cada alternativa.
- Estimar el asentamiento de la vía para un nivel específico de desempeño.



The screenshot displays the SpectraRail software interface, which is used for railway track design and cost analysis. The interface is divided into several sections:

- Wheel Load:** Includes fields for Car Weight (lb), Number of Wheels, Wheel Load (lb), Wheel Diameter (in), and Velocity (mph).
- Subgrade Strength:** Includes fields for Undrained Shear Strength (psi), Soaked CBR, CBR (%), and Factor of Safety.
- Subballast Particle Size:** Includes fields for D50 $\leq 40\text{mm}$, D50 $\leq 27\text{mm}$, and D50 $\leq 22\text{mm}$.
- Geogrid:** Includes fields for Geogrid type (e.g., TX1305, TX160, TX190L, BX Type 2) and Recommended Geogrid Minimum Overlap (ft).
- Tie:** Includes fields for Tie Material, Tie Width (in), Tie Length (ft), and Tie Spacing (in).
- Minimum Depth of Ballast:** Includes fields for Unstabilized (in) and Geogrid Stabilized (in).
- Grading Requirements:** Includes fields for Existing Grade at Center Line (ft), Finish Grade at Center Line (ft), and a checkbox for Free Top Grade.
- Cost of Materials:** Includes fields for Ballast (\$/ton), Subballast (\$/ton), Additional Fill, if required (\$/CY), and Undercut, if required (\$/CY).
- Geogrids:** Includes a table for Geogrid selection with columns for Unit Cost (\$/SY) and Roll Width (ft).
- Project Size and Section Dimensions:** Includes fields for Project Length (ft), Tie Depth (in), Bench Distance a (in), Bench Distance b (in), Side Slope of Ballast s1, Side Slope of Subballast s2, Side Slope of Additional Fill s3, and Side Slope of UnderCut s4.

A cross-section diagram at the bottom shows the track structure, including the Subgrade, Subballast, Ballast, and Geogrid layers, with dimensions and slopes indicated.

Se cuenta con numerosas investigaciones que buscan demostrar los grandes beneficios del uso de geomallas TRIAX en la estructura de pavimentos ferroviarios. Uno de los mas famosos es el estudio realizado en la Penn State University utilizando la roca inteligente para medir la reducción del movimiento de partículas que genera la inclusión de una geomalla TRIAX en la capa de balasto.

XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET
Recife, 29 de Outubro a 01 de Novembro de 2017

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL IN SITU DE UMA VIA FÉRREA REFORÇADA COM GEOTÊXTELA

Robson Costa¹
Rosângela Meira¹
José Pires¹
Paulo Moraes¹
Edson Moura¹
Lígia Bariani Bernu²
Edmar Mencher²
¹ Universidade de São Paulo
² Escola Politécnica da Universidade
³ Vite S.A.

RESUMO

A avaliação de campo é considerada como um dos tipos importantes encarando um papel singular no comportamento mecânico dosso. Diferentes de ensaio, estas tendem a se degradar, comprometendo que um dos métodos de investigação utilizados para verificação da situação estrutural parcial ou total. O objetivo deste artigo é avaliar uma camada de lastro desmontada reforçada por duas tipos de g de medidas distintas de sua área de cobertura e teríveis no momento a influência da inclusão da geomalla como sistema construtivo global da via. Em geral, os valores dos deslocamentos mensurados, enquanto que a inclusão dos elementos foram maiores, utilização da rede.

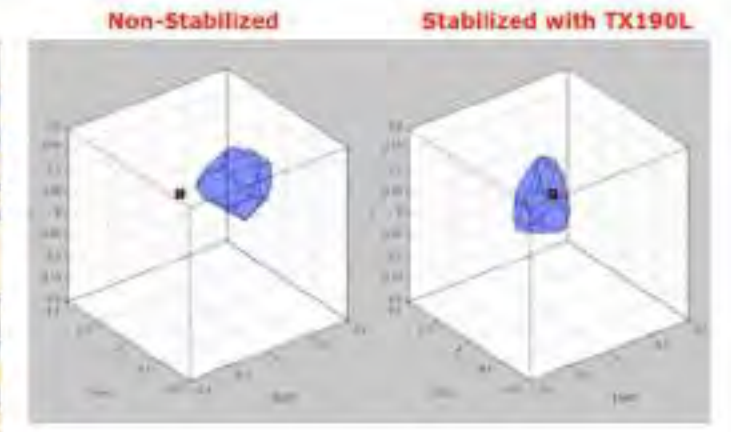
Geosynthetics 2013
April 1-4, Long Beach, California

Comparative Evaluation of Different Aperture Geogrids for Ballast Reinforcement through Triaxial Testing and Discrete Element Modeling

Yu Qian, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA, yuqian1@illinois.edu
Dabacanta Mishra, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA, dmishra2@illinois.edu
Erol Tutumluer, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA, tutumlue@illinois.edu
Jaehyun Kwon, Tensar International, USA, jkwon@tensarcorp.com

ABSTRACT
Geogrids are commonly used in transportation applications for stabilization and reinforcement due to their higher tensile strength compared to geotextiles as well as the stiffness improvement they provide through arresting and interlocking granular particles in the geogrid apertures. Influenced by many factors, such as the aperture shape and size of geogrid, the degree of interlocking contributes significantly to the reinforcement benefit of geogrids for improving the performance of any geogrid reinforced system. This paper describes recent research efforts at the University of Illinois focused on conducting permanent deformation testing of geogrid reinforced ballast specimens using a large-scale triaxial test device. Two different geogrids with rectangular and triangular aperture shapes respectively were evaluated for reinforcement benefit of cylindrical specimens compacted and prepared with ballast size uniformly graded aggregate material. In further investigate the geogrid reinforcement mechanisms, an aggregate image-based numerical modeling approach based on Discrete Element Method (DEM) was also adopted with the capability to create actual ballast aggregate particles as three-dimensional polyhedron elements having the same particle size distributions and imaging quantified average aggregate shapes and angularities. Preliminary results from both laboratory experiments and DEM simulation indicated that geogrids with triangular apertures performed more effectively in arresting particle movement through trapped interlock.

Visualized motion of SmartRock in ballast



Presented at TRB2016 conference
Effect of Geogrid on Ballast Movement Studied by SMART ROCK®

VER VIDEO

Se cuenta con varios ensayos tanto en laboratorio como a escala real, que miden el desempeño de las vías reforzadas con geomallas TRIAX® y confirman los beneficios de usar refuerzos TENSAR®



PRUEBAS DE CAMPO PARA MEDIR DESEMPEÑO





Geomalla TRIAX®

Construcción, ampliación y
mantenimiento de vías férreas



Geomalla TRIAX®

Construcción, ampliación y
mantenimiento de vías férreas



Geomalla TRIAX®

Construcción, ampliación y
mantenimiento de vías férreas





Geomalla TRIAX[®]

Construcción, ampliación y
mantenimiento de vías férreas





VER VIDEO

PROBLEMA

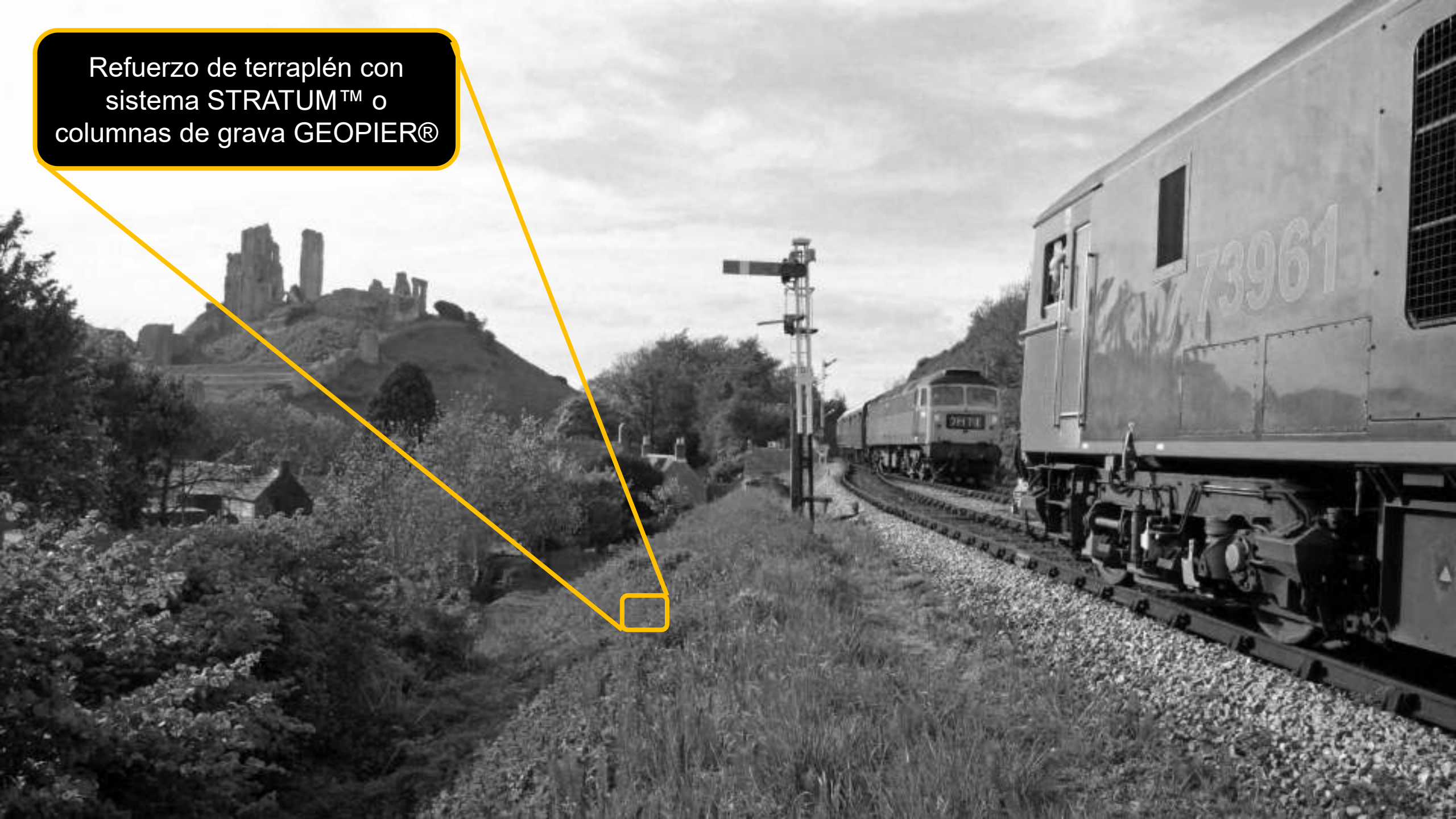
Un factor importante en muchos proyectos de infraestructura ferroviaria, es la construcción de terraplenes que aporten una base estable y rígida para la colocación de los durmientes.

En suelos débiles y blandos, los problemas de deformaciones y/o asentamientos diferenciales pueden ser un desafío difícil de vencer. Sin embargo, se cuenta con tecnología que permite controlar este tipo de problemas, reduciendo las costosas excavaciones, la sustitución de suelos blandos o el clavado de pilotes.

Tales soluciones alternativas a las convencionales, son el sistema **STRATUM™** y las columnas de grava **GEOPIER®**.



Refuerzo de terraplén con sistema STRATUM™ o columnas de grava GEOPIER®



SISTEMA STRATUM™

Cuando es necesaria la construcción sobre suelos blandos con restricción de deformaciones. Antes de pensar en pilotes de cualquier tipo, se puede usar la plataforma de transferencia de carga denominada **STRATUM™**, que ofrece un enfoque alternativo para la construcción de terraplenes, a menudo brindando ahorros en costos y tiempo.

El sistema **STRATUM™** es una plataforma fabricada en sitio utilizando una base de geomalla **TRIAx®** y paredes formadas con geomallas uniaxiales **TENSAR®** rellenas de material granular. Este sistema mitiga los efectos de asentamiento diferencial, reduce la dispersión lateral del suelo debajo del terraplén y puede aumentar la capacidad de carga para mejorar la estabilidad global.

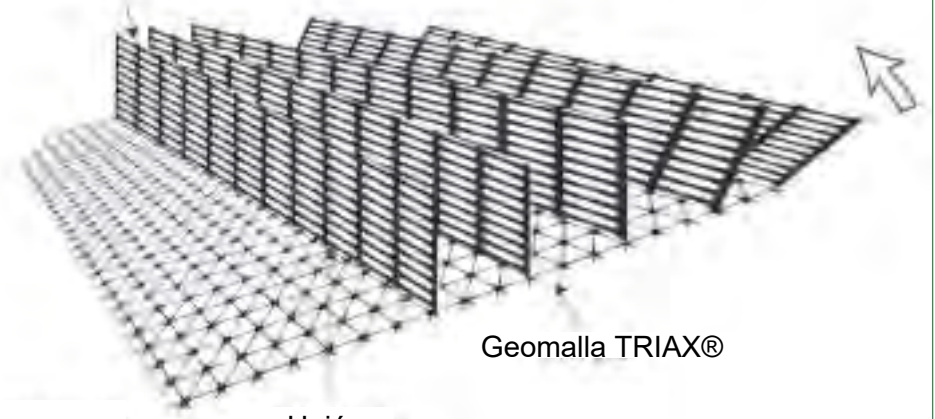




Sistema STRATUM™

Refuerzo de terraplén

Geomalla Uniaxial



Geomalla TRIAX®

Unión



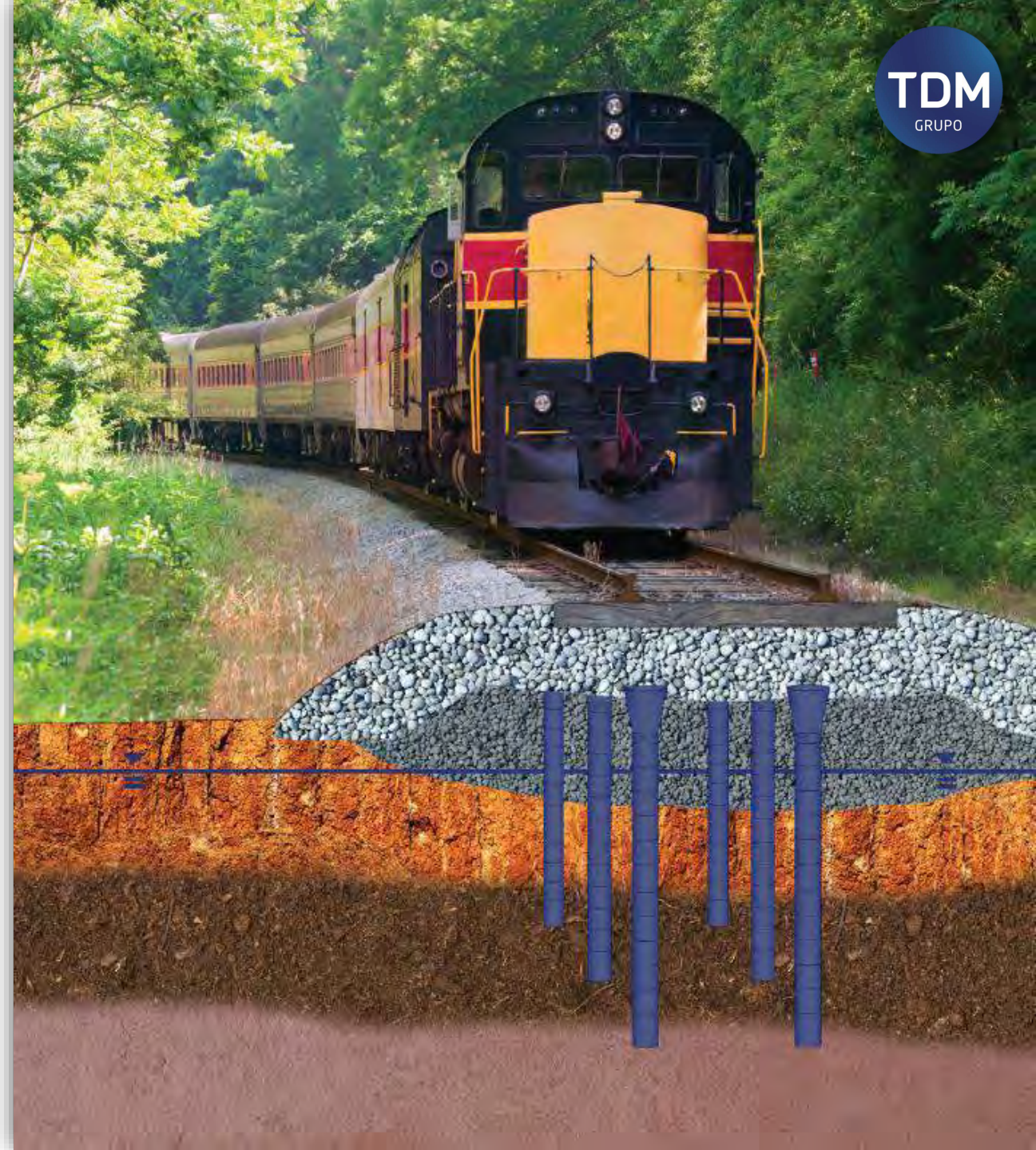
Sistema STRATUM™

Refuerzo de terraplén

COLUMNAS DE GRAVA GEOPIER®

El sistema de columnas de grava de **GEOPIER®** refuerza suelos blandos, proporcionando una alta resistencia y un nivel superior de rendimiento, inclusive en obras ya construidas, donde no es necesario quitar los rieles, durmientes o capas de balasto, minimizando los tiempos de inactividad durante operaciones de mantenimiento.

Este sistema se compone de un conjunto de cubiertas poliméricas, que trabajan como estructuras de confinamiento del material de relleno que se coloca dentro de ellas. Este material de relleno es grava triturada compactada. Las cargas dinámicas de los vagones pasan a través del balasto y se transfieren efectivamente al sistema **GEOPIER®** y a través de estos, hacia una capa de apoyo más resistente.





Sistema GEOPIER®

Refuerzo de terraplén



Sistema GEOPIER®

Refuerzo de terraplén





VER VIDEO


GEOPIER®

PROBLEMA

A lo largo de las vías férreas, a menudo se encuentran problemas externos relacionados a control de caídos, erosión o inestabilidad de taludes. Tales problemas, de aparecer, suelen generar aumento de costos en limpieza y mantenimientos constantes, en el mejor de los casos, pues en otros casos mas críticos, pueden afectar propiedades, la propia infraestructura vial y hasta generar pérdida de vidas humanas.

Para controlar y eliminar este tipo de riesgos, se cuenta con materiales como las mallas eslabonadas de acero de alto desempeño para control de caídos, o por otro lado, las geoceldas **TECWEB®** y geomantas para estabilizar superficialmente taludes y vegetarlos, con la finalidad de protegerlos contra erosión.





**Control de caída de piedras con
mallas metálicas**

Mallas metálicas y mantos TRM

Las caída de suelo y rocas son un tipo de inestabilidad usual y frecuente en taludes, la necesidad de protección frente a este tipo de fenómenos ha llevado al desarrollo de diferentes soluciones, entre ellas encontramos la estabilización de taludes mediante el uso de sistemas de malla metálica combinado con manto en sustitución de recubrimientos rígidos como el concreto lanzado.

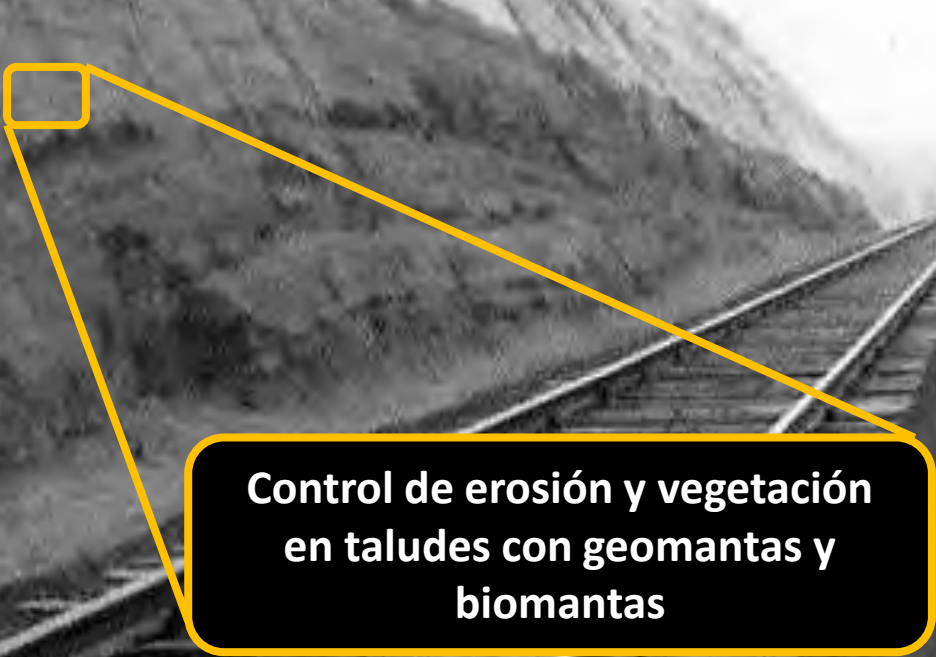
Este es un sistema flexible compuesto por malla eslabonada de acero de alto desempeño estructural, combinado con sistemas de estabilización (pernos, anclajes, etc.) y complementariamente un manto permanente de polipropileno tridimensional.





Mallas metálicas y mantos TRM

Control de caídos y erosión



**Control de erosión y vegetación
en taludes con geomantas y
biomantas**



**Control de erosión y vegetación
en taludes con geoceldas TECWEB**

Geoceldas

Una alternativa de controlar la erosión superficial es por medio de geoceldas de polietileno de alta densidad (HDPE), perforadas e texturizadas, soldadas por ultrasonido, lo que forma un elemento flexible en forma de panal de abejas.

Las geoceldas **TECWEB®**, actúan como grandes “macetas” que almacenan sustrato fértil con semillas o, en algunos otros casos, simplemente concreto, evitando que estos materiales se deslicen por gravedad a lo largo del talud, con el objetivo de crear un revestimiento adecuado que controle la erosión del suelo, estabilice superficialmente los taludes y aportar funciones adicionales como captación y drenaje.





GEOCELDA TECWEB®

Control de erosión en taludes



- 4. Muros y taludes reforzados.
- 5. Impermeabilización de túneles.
- 6. Geocompuestos de drenaje.

OBRAS COMPLEMENTARIAS



Muros reforzados



Taludes reforzados

Sistema SIERRASCAPE®

En un proyecto ferroviario, puede presentarse la necesidad de construir MME para pasos vehiculares o refuerzos de taludes.

El sistema **SIERRASCAPE®** consiste en mallas metálicas electrosoldadas como fachada expuesta y geomallas uniaxiales poliméricas como refuerzos internos.

Detrás de las mallas electrosoldadas se coloca un relleno granular de 2 a 4 pulgadas creando una fachada de piedra de 50cm de espesor, posterior a esto, un geotextil no tejido. Como alternativas estéticas puede substituirse la fachada **SIERRASCAPE®** por una fachada vegetada.





Sistema SIERRASCAPE®

Muros y taludes reforzados



Sistema SIERRASCAPE®

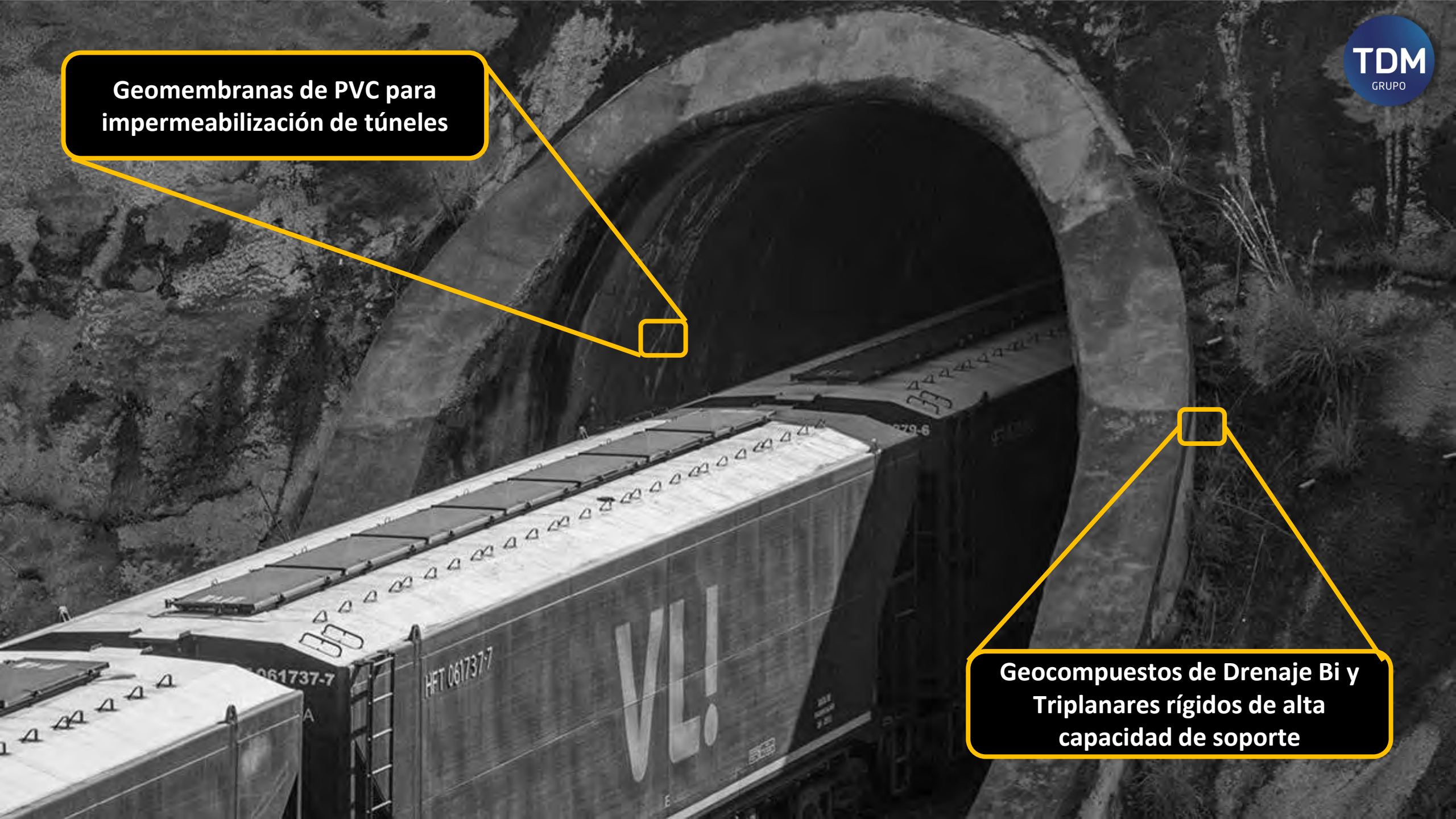
Muros y taludes reforzados



VER VIDEO

Geomembranas de PVC para impermeabilización de túneles

Geocompuestos de Drenaje Bi y Triplanares rígidos de alta capacidad de soporte



Impermeabilización de Túneles

Cuando la línea férrea requiere pasar por zonas montañosas, la ejecución de túneles artificiales de concreto armado es una de las estructuras más habituales en este tipo de infraestructuras y su impermeabilización, principalmente en zonas de altos índices de precipitación mensual, es de suma importancia.

La impermeabilización debe garantizar la absoluta estanqueidad del túnel, y se puede lograr a través del uso de geomembranas de PVC, fabricadas a partir de resinas elastoméricas que proporcionan una alta absorción de plastificantes y mantiene sus propiedades físicas y mecánicas inalteradas en contacto con hidrocarburos, aceites, disolventes, betunes o aguas residuales.





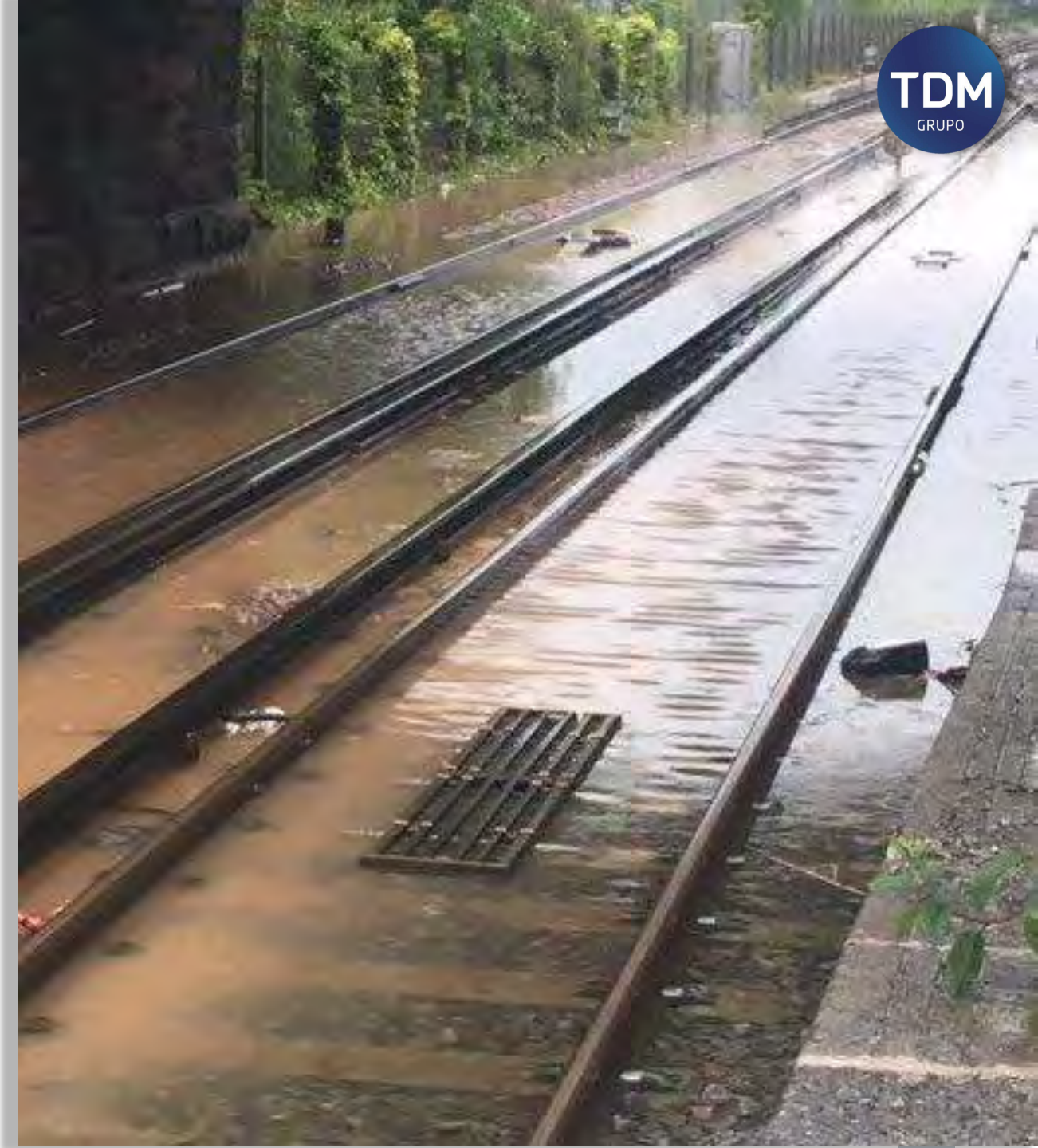
Geomembranas de PVC

Impermeabilización de túneles IMPER®

Geocompuestos de drenaje

Para garantizar un buen drenaje y reducir las presiones hidrostáticas en obras de vías férreas como en estribos de puentes, muros de contención, túneles, etc., se cuentan con geocompuestos de drenaje biplanares y triplanares rígidos de alta capacidad de soporte, reduciendo la presencia de humedad y evitando encharcamientos en las vías férreas.

Estos geodrenes están constituidos por una red bi o tridimensional fabricada con resina de polietileno de alta densidad y geotextiles no tejidos de polipropileno termofusionados en uno o en sus dos lados.





GEOCOMPUESTOS DE DRENAJE

Drenaje posterior en concreto lanzado
para taludes en vías férreas ELYDAN®



GEOCOMPUESTOS DE DRENAJE

Drenaje horizontal, vertical y lateral en
vías férreas ELYDAN®



SOLUCIONES EN VÍAS FÉRREAS

mariaclaudia.ramirez@qasaysoluciones.com
sbecerra@tdmmexico.mx
ccenturion@grupotdm.com

Avenida Santa Fe N° 505. Piso 21, Lomas de Santa Fe, Contadero, Cuajimalpa de Morelos, C.P. 01219. Ciudad de México, CDMX

Tel: 55 5203 8827 / www.tdmmexico.mx