

Artículo

Refuerzo basal con geomallas: aplicación exitosa en el Puerto de Guaymas

Desarrollado por:

Maccaferri México con aprobación

BU GSY MACCAFERRI

Refuerzo basal con geomallas: aplicación exitosa en el Puerto de Guaymas

El Puerto de Guaymas está ubicado en la costa noroeste de México, en el Golfo de California. Centra sus actividades en la gestión de carga agrícola y mineral a granel, fluidos y carga general. Por lo tanto, es un nodo clave para las relaciones comerciales y la conexión entre México y el sur de Estados Unidos. Moviliza hasta 3 millones de toneladas de minerales como cobre, acero y bauxita, por mencionar algunos ejemplos.

Características del suelo de cimentación

En los últimos años, el patio de almacenamiento de minerales de este puerto había experimentado asentamientos significativos debido al aumento de las cargas manejadas, así como a las malas condiciones del suelo de cimentación. Este último está integrado por una primera capa de aproximadamente 4 m de arenas limosas con grava, así como por una capa de 10 m de arcillas muy blandas y medianamente rígidas.



La Administración Portuaria Integral de Guaymas (API Guaymas) decidió iniciar un proyecto de refuerzo de suelos blandos con el fin de renovar y construir nuevos pavimentos de losas de concreto en toda el área de almacenamiento, la cual abarca 13 000 m². Para ello, se implementaron geomallas uniaxiales de alta resistencia para mejorar las malas condiciones del suelo de cimentación y evitar

asentamientos diferenciales. El resultado debía ser, por tanto, incrementar su capacidad portante.

Hallazgos geotécnicos

La intervención en este patio de almacenamiento de Guaymas implicó una investigación geotécnica del subsuelo, la cual abarcó tres sondeos en el área del proyecto. Como tal, la labor consistió en la perforación de 14 m bajo el nivel del terreno. Gracias a ello, se pudieron obtener muestras de suelo no perturbadas para pruebas de laboratorio. Además, se realizaron ensayos SPT (Standard Penetration Test) en cada sondeo, a intervalos de 1 m de profundidad.

Tipos de suelos detectados en la investigación geotécnica

Los tipos de suelos detectados en cada sondeo fueron los siguientes:

- Arcilla arenosa inorgánica de alta plasticidad.
- Lutita arenosa.
- Arena limosa con limo con carbonato de calcio.
- A mayor profundidad, se encontró arcilla inorgánica de plasticidad media, con presencia de fósiles marinos.
- La profundidad del nivel freático se encontró de los 2 a los 4 m de profundidad.

¿Cuáles son algunos métodos para mejorar el suelo?

En relación con los hallazgos de los estudios geotécnicos, cabe recordar que la construcción de terraplenes o de cualquier tipo de estructura sobre suelos débiles e inestables representa un desafío. Esto porque los suelos blandos presentan una resistencia al corte muy baja y asentamientos por consolidación excesivos,

por lo que requieren prácticas constructivas especiales tales como los siguientes ejemplos:

- Remoción y reemplazo del suelo blando.
- Cimentaciones profundas.
- Construcción por etapas (colocar el relleno a un ritmo controlado y permitir su consolidación).
- Precarga del sitio para reducir asentamientos y lograr mayor resistencia.
- Estabilización del suelo mediante aditivos inyectados.

Tales métodos tradicionales se han utilizado para resolver problemas asociados con cimentaciones blandas, pero resultan costosos y requieren mucho tiempo. Frente a estos, sin embargo, las geomallas de alta resistencia, colocadas en diferentes capas en la base de un terraplén, resultan de fácil y rápida instalación, así como menos costosas. Así lo demostró su exitosa aplicación en el patio de almacenamiento de Guaymas, tal como se detallará en los siguientes párrafos.

Uso de geomallas en el patio de almacenamiento de Guaymas

La Autoridad Portuaria de Guaymas eligió geomallas de alta resistencia como parte de una cama granular reforzada (RGM por sus siglas en inglés). La primera zona de trabajo dentro del patio de almacenamiento era la más afectada por asentamientos diferenciales. Como tal, abarcaba un cuadrado de aproximadamente 80 x 80 m (6,400 m²).

Luego de retirar 1.2 m de material de baja calidad, la solución final de refuerzo basal consistió en la instalación de cuatro capas de geomallas uniaxiales de alta resistencia. Estas fueron colocadas de manera cruzada y con un espaciamiento vertical de 40 cm.

Encima de las capas reforzadas, se colocaron losas de concreto de 30 cm sobre 20 cm de suelo compactado. Además, la intervención de refuerzo basal de suelos blandos implicó elevar la plataforma a 3 m sobre el nivel del mar.

¿Cómo se instalaron las geomallas?

La instalación de las geomallas, en este caso de Guaymas, exigió preparar el terreno mediante excavación y limpieza del área para despejarla de objetos punzantes que pudieran dañar las geomallas. Posteriormente, se realizó la compactación de una capa basada en mezcla de arena y grava. El resultado fue una base perfectamente plana.

Sobre dicha capa, el rollo de las geomallas se extendió de lado a lado. Cada capa de geomalla se colocó de forma perpendicular entre sí. Además, en cada caso, se dejaron 2 m de anclaje en los bordes.

El siguiente paso fue el relleno intermedio en capas de la misma mezcla de arena y grava. Esta se compactó cuidadosamente en la dirección de la geomalla superior. Dentro de estas quedaron envueltas las geomallas con el fin de garantizar las longitudes de anclaje requeridas.



Softwares para el cálculo y diseño de las geomallas en este caso

El diseño de la solución para el mejoramiento de suelos mediante geomallas involucró los softwares MacBars® y MacRead®, en relación con el refuerzo basal. Por otro lado, se empleó el software LoadCap® para la evaluación de asentamientos.

Definir la resistencia a la tracción de las geomallas

En primer lugar, el software MacBars® permitió calcular la resistencia a la tracción total requerida de las geomallas para soportar el peso propio del RGM, así como la carga de los minerales que se depositarían sobre las losas de concreto (una carga uniforme total de 450 kPa). Para ello, se empleó el método de diseño para terraplenes sobre suelos blandos incluido en la norma BS 8006 del 2010. Los resultados indicaron que se requerían geomallas con una resistencia última de 1 755 kN/m para desempeñarse a una deformación del 5 %.

Diseñar las geomallas

El diseño detallado del refuerzo con geomallas se llevó a cabo con el método basado en un análisis elástico multicapa. Dicho método permite introducir diferentes capas de geomallas a distintas elevaciones y establecer la deformación de diseño para cada geomalla. Entre otras cosas, esto involucró definir las fuerzas de tracción producidas en las capas de las geomallas por estos mecanismos activos:

1. Mecanismo de restricción lateral de la capa base frente a los esfuerzos horizontales generados por el peso propio del suelo.
2. Mecanismo de restricción lateral de la capa base frente a los esfuerzos horizontales generados por cargas estáticas y dinámicas.
3. Mecanismo de membrana tensada en la interfaz entre la base y la subrasante.

Ahora bien, el diseño de las geomallas para este caso de éxito en el Puerto de Guaymas consistió en un modelo de cuatro capas y cualquier número de capas de refuerzo:

- Capa de pavimento (AC)
- Capa base (BC)
- Subbase (SB), cuando está presente
- Subrasante (SG)

Este método de diseño de geomallas se implementó con el software MacRead®. Gracias a

esta herramienta fue posible optimizar la disposición de las geomallas en 4 capas colocadas en pares, con un espaciamiento vertical de 400 mm. La disposición final para este patio de almacenamiento fue la siguiente:

- 2 geomallas uniaxiales cruzadas en la interfaz con la subrasante.
- 2 geomallas uniaxiales cruzadas a mitad del espesor de la capa base de 800 mm.

En este caso, dado que la cama granular reforzada estaría sujeta a cargas muy altas a lo largo del tiempo, la deformación del diseño se limitó al 1 % para minimizar la fluencia a largo plazo de las geomallas. El objetivo era, pues, proporcionar mayor rigidez a la RGM y reducir los asentamientos bajo la losa de concreto.

Calcular la capacidad de las geomallas

Finalmente, el cálculo de la capacidad portante y los asentamientos se realizó con el software italiano Geostru LOADCAP. El cálculo se efectuó según la norma EN 1997-1 (2004) - Eurocódigo 7, sobre la base de las propiedades geotécnicas. Esto implicó tomar en cuenta dos secciones geotécnicas con diferentes estratos de suelo que, a su vez, presentaban, características friccionales y cohesivas distintas. De igual manera, se tomó como fundación una losa de hormigón armado de 80 m x 80 m x 0,30 m.



Estas fueron las geomallas idóneas para el refuerzo basal en Guaymas

Con base en los estudios geotécnicos, la carga que recibe el patio de almacenamiento y la ayuda de los mencionados softwares, fueron seleccionadas las geomallas ParaLink® de Maccaferri. Esta fue la distribución final de las geomallas en relación con su capacidad:

- En la parte inferior, las 2 capas cruzadas de geomallas usaron las soluciones ParaLink® 600 y ParaLink® 400.
- Mientras que, a 400 mm por encima se colocaron las otras 2 capas cruzadas de geomallas ParaLink® 400.

Las resistencias últimas a la tracción fueron de 600 y 400 kN/m, respectivamente. Cabe agregar que, la resistencia total a la tracción de las cuatro geomallas de alta resistencia resultó de 1800 kN/m.

Composición de las geomallas ParaLink®

En cuanto a su composición, las geomallas ParaLink® seleccionadas son estructuras planas formadas por un arreglo uniaxial de tiras de geosintéticos compuestos. Cada tira longitudinal tiene un núcleo de hilos de poliéster de alta tenacidad recubierto con una vaina de polietileno. Las tiras individuales se conectan mediante unión térmica a tiras transversales de polietileno. Esto es lo que proporciona la forma final de la malla.

Estas geomallas de alta resistencia unidas térmicamente poseen marcaje CE para aplicaciones de refuerzo. Dicho marcaje en un producto valida que el fabricante cumple con los requisitos esenciales de la legislación europea vigente en materia de salud, seguridad y protección ambiental. Además, estas geomallas de Maccaferri también están aprobadas por el BBA (British Board of Agreement), por lo que cumplen con los requisitos de la norma internacional BS 8006.

Desempeño comprobado de las geomallas en el patio de Guaymas

El mejoramiento de suelo llevado a cabo en el patio del Puerto de Guaymas demuestra el excelente desempeño que tienen las geomallas de alta resistencia fabricadas por Maccaferri. En este caso, su aplicación se resume en un refuerzo basal para una cama granular reforzada sobre suelos blandos, pero su beneficio se traduce en el incremento de la capacidad portante del área de almacenamiento.

A pocos meses de la instalación, los asentamientos han estado muy por debajo de los valores calculados y no se han observado grietas en la losa de concreto. Estos hechos confirman indirectamente que las fuerzas y deformaciones de las geomallas se mantuvieron dentro de los límites calculados.

Actualmente, las geomallas empleadas para el refuerzo basal cubren solo una pequeña parte del área total de almacenamiento del puerto, pero eventualmente se implementarán en toda la zona con el fin de solucionar los problemas de asentamientos diferenciales.

De manera similar al Puerto de Guaymas, las geomallas de alta resistencia, como las ParaLink® de Maccaferri, pueden implementarse en cualquier puerto de México u otros países. Son soluciones ideales para áreas de almacenamiento de carga a granel con altas cargas, pero que se encuentran sobre suelos muy blandos.



Fuentes:

Este contenido está basado en la investigación y publicación del artículo:
Solorio, L. M., Ferrara, M., et. al. (2016). High strength geogrids for basal reinforcement of the Mineral bulk storage area in the Port of Guaymas, México. Ponencia en GeoAmericas 2016 –The 3 rd Pan-American Conference on Geosynthetics. Miami, Estados Unidos.



Conoce este caso de éxito en imágenes.
¡Mira el video aquí!



Haz viable y rentable tu construcción aun en
suelos blandos. ¡Contáctanos!

Maccaferri de México

Parque Industrial Querétaro,
Av. San Pedrito No. 119, 76220
Santa Rosa Jáuregui, Qro.

www.maccaferri.com.mx

MACCAFERRI