

## PLATAFORMA DE TRANSFERENCIA DE CARGA CON GEOMALLAS UNIAXIALES DE PVA – PROYECTO VIAL COSTA VERDE

Wilfredo Rodríguez A., Ingeniero de Proyectos Freyssinet Tierra Armada Perú, Lima, Perú  
Renzo Sardón T., Ingeniero de Proyectos Freyssinet Tierra Armada Perú, Lima, Perú  
Gabriela Cerrate P., Ingeniera de Proyectos Freyssinet Tierra Armada Perú, Lima, Perú  
Jorge Herrera C., Gerente de Ingeniería Freyssinet Tierra Armada Perú, Lima, Perú  
Nelson Berrospid A., Gerente General Freyssinet Tierra Armada Perú, Lima, Perú

### RESUMEN

El Proyecto Vial Costa Verde contempla la ampliación actual de la costa verde para generar un acceso más rápido hacia el aeropuerto mediante rampas de acceso con alturas de hasta 20m de altura promedio. El problema del proyecto radica en que las rampas de acceso se cimentarán sobre rellenos no controlados que fueron vertidos en el mar ganando área en la costa, parte de estos rellenos fueron vertidos desde los años 60.

Para la conformación de las rampas del proyecto Costa Verde se consideró el uso pilotes excavados de 20m de profundidad con la finalidad de soportar las cargas transmitidas por los muros de suelo reforzado diseñados por Tierra Armada® con una altura de hasta 20m. Entre la interfaz del muro de suelo reforzado y los pilotes se está colocando una plataforma de transferencia de carga con geomallas para distribuir las presiones generadas por estos muros de gran altura.

Para darle mayor rigidez a la zona de transferencia se utilizaron geomallas de PVA (polivinilo de alcohol) las cuales desarrollan una mayor resistencia a una deformación menor en comparación de otro tipo de material de geomallas.

### 1. INTRODUCCION

El Circuito de Playas de la Costa Verde, popularmente conocido como la Costa Verde, es una vía ubicada entre la ciudad de Lima y el Callao que a lo largo de su recorrido, une distritos como Chorrillos, Barranco, Miraflores, San Isidro, Magdalena y San Miguel. Esta vía se caracteriza por encontrarse debajo del acantilado, asimismo, por hacer posible un fácil acceso a las playas limeñas.

La formación de toda la vía de la costa verde se encuentra conformada por una cobertura de depósitos antrópicos controlados y no controlados del tipo construcción: desmonte de excavaciones, desmonte de demoliciones y basura, los cuales han cubierto a los depósitos Pleistocénicos que conformaban los acantilados naturales. Estos forman parte del cono deyectivo del Río Rímac, que en este sector presentan facies fluvio deltaicas (correlación de afloramientos a la altura del distrito de San Miguel y la Perla), con el predominio de estratos de arenas intercaladas con horizontes de conglomerados polimícticos hacia el norte del proyecto y hacia el sur estratos polimícticos de gravas en una matriz arenosa y/o limosa, con presencia de lentes de arena.



Figura 1. Acantilados de la Costa Verde sector Callao-San Miguel  
Foto: Facebook Lima Antigua

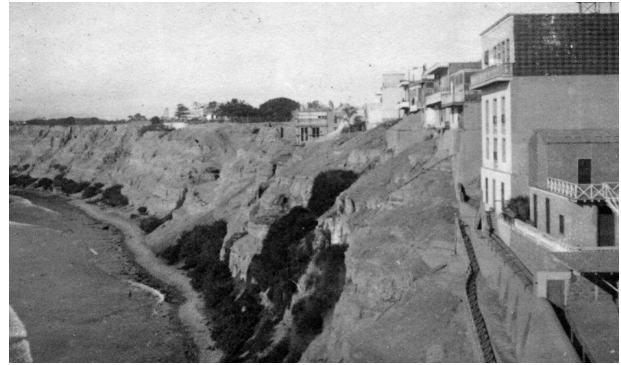


Figura 2. Acantilados de la Costa Verde sector Chorrillos-Barranco  
Foto: Facebook Lima Antigua



Figura 3. Acantilados de la Costa Verde Actual (Foto [www.Lima2019.pe](http://www.Lima2019.pe))

La entidad designada para gestionar esta gran obra es la Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima (EMAPE). El proyecto tiene como objetivo mejorar el sistema vial de la jurisdicción del mencionado distrito, así como las condiciones de viaje hacia las áreas de la Costa Verde. Su ejecución permitirá brindar un mejor servicio de transitabilidad y continuidad en el recorrido y salidas del Aeropuerto Jorge Chávez hacia los distritos costeros del Callao, San Miguel y La Perla, e indirectamente a Miraflores, San Isidro, Chorrillos, Magdalena, Bellavista y La Punta.

La extensión del proyecto es aproximadamente de 3km en el cual se ejecutarán 3 viaductos: Chorrillos-San Miguel, San Miguel-Callao y San Miguel-Chorrillos los cuales contemplan más de 130,000m<sup>2</sup> de asfalto de pistas, 10,000m<sup>2</sup> de veredas y 18,000m<sup>2</sup> de muro de suelo reforzado.

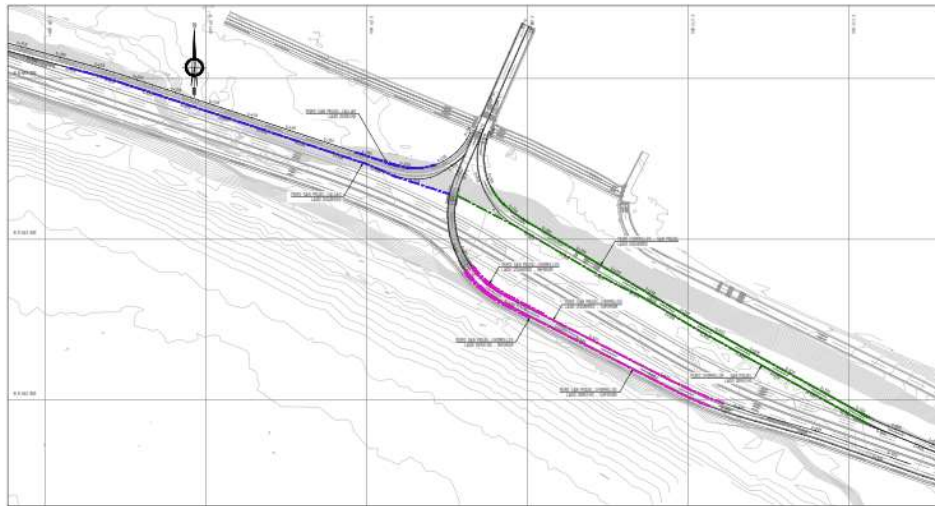


Figura 4. Tramo Chorrillos-San Miguel (Línea Verde) Tramo San Miguel-Chorrillos (Línea magenta) Tramo San Miguel-Callao (Línea azul)

Debido al gran desnivel que existe desde la costa verde hacia la parte superior de los acantilados (entre 20 a 25m de altura) se proyectaron rampas de acceso que van desde los 0.50m de altura hasta los 19.50m los cuales empalman con la estructura de puente. La tecnología empleada para la creación de estos accesos fue el suelo reforzado con placas prefabricadas de concreto. Este gran desnivel genera altas presiones en la fundación para lo cual se vio necesario realizar más de 26 000ml de pilotes de hasta 20m de profundidad y 1m de diámetro.



Figura 5. Pilotaje Ramal Chorrillos-San Miguel



Figura 6. Pilotes en zona de rampa



Figura 7. Pilotes en zona de Estribo

Entre la interfaz de los pilotes en la zona de rampa, se vio necesario realizar una plataforma de transferencia de carga con geomallas de Polivinil de Alcohol (PVA) para aliviar la carga transmitida por los muros de suelo reforzado y evitar el punzonamiento generado por los pilotes. Esta plataforma de transferencia actúa como una viga rígida (J.G Collins 2004) la cual distribuye las cargas aplicadas hacia elementos rígidos puntuales, asegurando la reducción de asentamientos diferenciales.

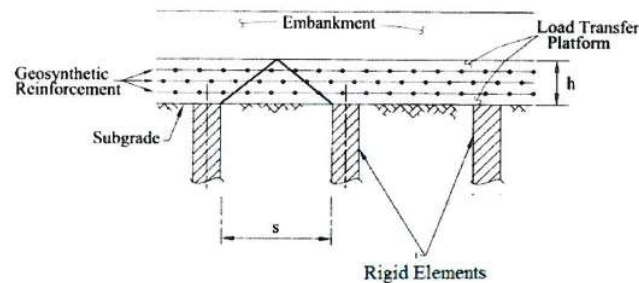


Figura 08 Esquema de plataforma de transferencia de carga (J.G Collins 2004)

## 2. METODOLOGIA

Para el cálculo del tipo de Geomalla necesaria en la plataforma de transferencia, se utilizó la metodología de viga. Esta metodología de J Collin (J.G Collins 2004)<sup>1</sup>, se basa en la premisa que el refuerzo de geomalla crea una viga rígida que distribuye las cargas aplicadas hacia elementos rígidos puntuales, asegurando la reducción de asentamientos diferenciales.

Este método se basa en las siguientes consideraciones

- Se colocarán como mínimo 3 capas de refuerzo geosintético en la plataforma de transferencia, estas geomallas en conjunto con el relleno granular, actúan de forma similar a como actúa una viga, distribuyendo la carga y minimizando al máximo los asentamientos diferenciales
- La distancia mínima entre los refuerzos es de 150 mm.

- El espesor de la plataforma de transferencia deberá ser igual o mayor a la longitud existente entre los elementos rígidos
- El relleno no controlado (suelo heterogéneo) está conformado por partículas de diferentes rigideces, en donde la mayor parte del suelo es blando y susceptible a deformaciones.
- Se puede considerar que las partículas de mayor rigidez del suelo heterogéneo actúan como elementos puntuales.
- El asentamiento diferencial se dará porque entre los elementos rígidos existirá un vacío blando, y el peso del material ubicado sobre este sector se asentará en mayor magnitud al posible asentamiento que vaya a ocurrir sobre los elementos más rígidos.
- La solución con geomallas deberá asegurar que la carga ubicada sobre los espacios blandos sea distribuida hacia los elementos de mayor rigidez.
- La deformación inicial del refuerzo estará limitada al 5%

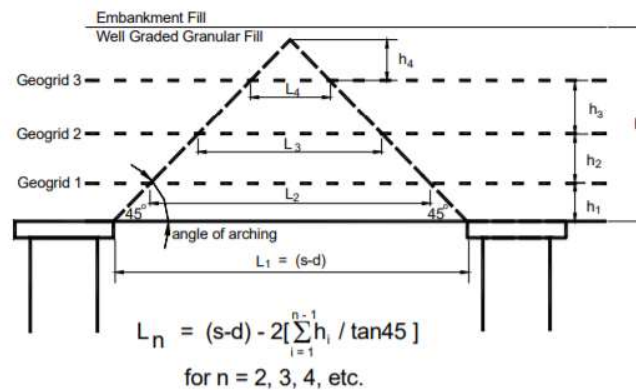


Figura 09 Esquema distribución de carga y refuerzo (J.G Collins 2004)

La carga vertical distribuida que actúa sobre cada capa de refuerzo se puede calcular de la siguiente manera

$$W_{Tn} = [A_n + A_{n+1}]h_n\gamma/2A_n$$

Donde:

A = Área del nivel de refuerzo n o n+1

$$= [(s-d) - 2(\Sigma \text{Espaciamiento vertical del refuerzo} / \tan 45)]^2 \quad (\text{Para separación cuadrada entre columnas})$$

$$= [(s-d) - 2(\Sigma \text{Espaciamiento vertical del refuerzo} / \tan 45)]^2 \text{sen} 60/2 \quad (\text{Para separación triangular entre columnas})$$

WTn = Carga Vertical distribuida que actúa sobre cada refuerzo

hn = Espesor de capa de material granular de refuerzo

γ = Peso de material granular de reforzado

La carga de tracción en el refuerzo se determina en base a la teoría de la membrana de tensión y es una función de la cantidad de tensión en el refuerzo. La tensión en el refuerzo es determinada a partir de la siguiente ecuación

$$T_{rpn} = W_{rpn}\Omega D/2$$

Donde:

D = Tramo de diseño para la membrana tensionada

$$= 1.41 * [(s-d) - 2(\Sigma \text{Espaciamiento vertical del refuerzo} / \tan 45)] \quad (\text{Para separación cuadrada entre columnas})$$

$$= 0.867 * [(s-d) - 2(\Sigma \text{Espaciamiento vertical del refuerzo} / \tan 45)] \quad (\text{Para separación triangular entre columnas})$$

$\Omega$  = Factor adimensional de la teoría de membrana tensionada

Tabla 01. Valores de  $\Omega$  (J.G Collins 2004)

$\Omega$	Reinforcement Strain ( $\epsilon$ )%
2.07	1
1.47	2
1.23	3
1.08	4
0.97	5

### 3. ANALISIS

#### 3.1 Sección Planteada

Para el análisis de la plataforma de transferencia se propuso el uso de geomallas de alta resistencia de Polivinilo de Alcohol (PVA) debido a que desarrollan mayor resistencia a una baja deformación. La disposición de las geomallas se realizó cada 0.30m en vertical como se muestra en la siguiente figura. Para lograr altas resistencias en ambos sentidos, se colocaron por cada nivel de refuerzo geomallas traslapadas, una en sentido longitudinal y otra transversal para asegurar que exista una homogeneidad en la distribución de carga.

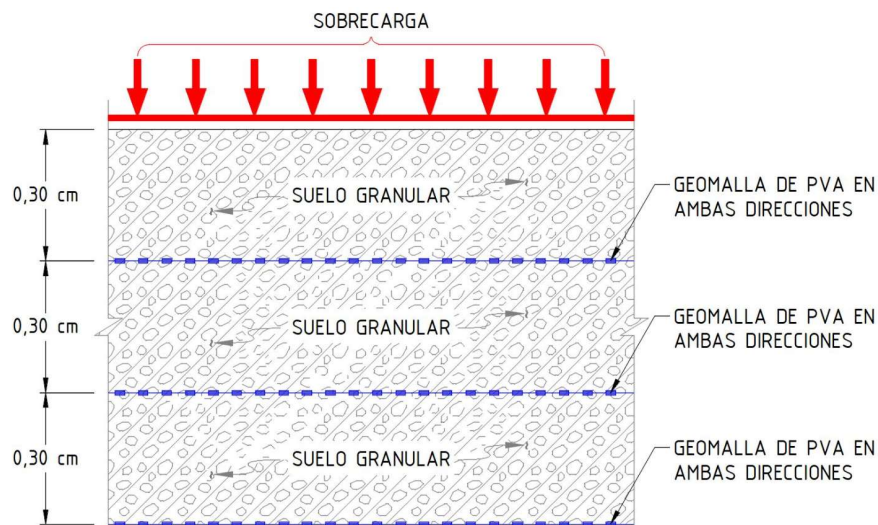


Figura 10 Sección de plataforma de transferencia con geomallas de PVA

### 3.2 Resultados

Tomando las consideraciones de la metodología de diseño se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 02. Proceso de Cálculo

Número de Capas n	hi (cm)	h (cm)	Li (cm)	Ai (cm <sup>2</sup> )	W <sub>Tn</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	T <sub>rpn</sub> (cm)
1	30	30	180	32400	390.45	480.62
2	30	60	120	14400	388.31	318.66
3	30	90	60	3600	387.60	159.04

Tabla 03. Resultado de los análisis

Número de Capas	T <sub>rpn</sub> (kN/m)	Geomalla PVA transversal (kN/m)	Geomalla PVA longitudinal (kN/m)	Resistencia Geomalla PVA a la tracción (kN/ml)
1	480.62	1000	1000	552.81
2	318.66	600	600	331.68
3	159.04	300	300	165.84



Figura 10 Tramo de prueba con geomallas PVA de 1000 kN/m



Figura 11 Traslape de Geomalla PVA de 1000kN/m



Figura 11 Muro de Suelo reforzado sobre plataforma de transferencia

#### 4. CONCLUSIONES

- Debido a la presencia del considerable volumen de relleno no controlado en la zona del proyecto, se requirió un sistema de pilotaje como cimentación profunda, permitiendo alcanzar un estrato más competente para distribuir las cargas.
- La proximidad al mar fue un factor ambiental decisivo para la elección del material de refuerzo del muro. La opción con geosintéticos se adapta mejor a las características del proyecto y permite tener un rendimiento más óptimo.
- La utilización de las geomallas de PVA ayudó a disminuir las deformaciones, debido a que estos elementos desarrollan una gran resistencia a una baja deformación.
- Se proyectó ejecutar el muro en 2 niveles para disminuir las presiones generadas en la fundación, dando una mayor longitud de base en el nivel inferior con la finalidad de disminuir las presiones generadas en la fundación.
- La metodología de viga mostrada por J. Collins para el cálculo de las presiones en cada nivel de los refuerzos resultó ser la más idónea para determinar las tensiones en cada nivel.

#### 5. REFERENCIAS

J.G. Collin, Ph.D. P.E (2004). Column supported embankment design considerations. 52<sup>nd</sup> Annual Geotechnical Engineering Universidad de Minnesota

Braja M. Das (2009). Shallow foundations bearing capacity and settlement. Second Edition

Entidad Municipal de Peajes. EMAPE (2017). Elaboración del estudio definitivo para construcción de la vía costa verde tramo: Rafael Escardó – Jr. Vierú, distrito de San Miguel – Lima - Lima