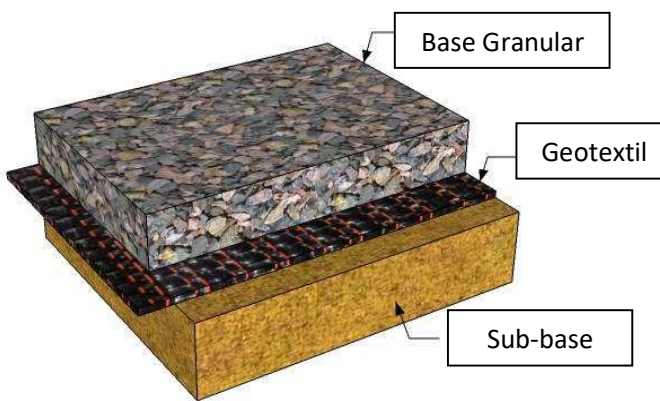


MÉTODO DE DISEÑO “GIROUD- HAN” PARA REFUERZO DE CAMINOS SIN PAVIMENTAR

Diseño de caminos sin pavimentar utilizando Geosintéticos TenCate Mirafi®

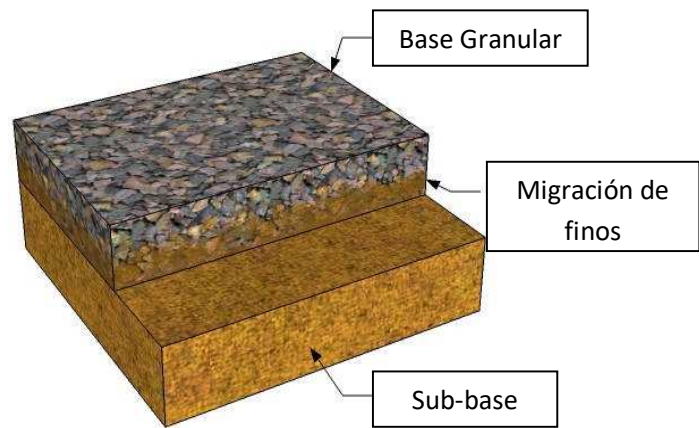
Los Geosintéticos han sido usados en proyectos de caminos sin pavimentar desde los años 70's y se han aplicado a carreteras desde los 80's. Su uso en carreteras contribuye a reducir tiempo de construcción, materiales, costos y para incrementar la vida útil de la estructura. El departamento de administración de transporte en carreteras federales de los Estados Unidos (FHWA por sus siglas en inglés) ofrece su experiencia como guía para la obtención de beneficios con el uso de Geosintéticos en vías, citando lo siguiente: "...Los Geosintéticos han sido descubiertos para proveer una mejora significativa en la construcción y el comportamientos de pavimentos... El uso más común es para la construcción. Los Geotextiles colocados en la subrasante incrementan la estabilidad y mejoran el comportamiento del pavimento construido con subrasante cuyo suelo presenta una gran cantidad de finos (suelos que contienen grandes cantidades de limo y/o arcilla)".

Con el uso de Geotextiles se evita que exista



una mezcla de materiales entre la subrasante y la base de la vía, manteniendo la integridad de la construcción intacta. Además, un estimado del 80% de los caminos en Estados Unidos no son pavimentados, sólo se usa grava para su construcción. De acuerdo al reporte de la FHWA, aproximadamente el 20% de los caminos fallan debido a una resistencia estructural insuficiente.

Para el diseño de estabilización en subrasante para caminos no pavimentados, el método de diseño Giroud-Han (G-H) desarrolla una ecuación que es usada para el cálculo del espesor de agregado requerido. La publicación del método en 2004 en el periódico (ASCE) de Ingeniería Geotécnica y Geoambiental culminó después de varios años de investigación (desde el estudio Giroud-Noiray publicado en 1981). La ecuación de diseño del G-H ha sido referida en la "Guía de Construcción y Diseño de Geosintéticos", manual hecho por la administración Federal de Carreteras.



Éste método es uno de los más aceptados y reconocidos para la determinación de contribución estructural de un Geotextil y una Geomalla en bases con agregados para vías. El diseño del método G-H usa una ecuación iterativa que puede ser implementada tanto para vías de grava reforzada como no reforzada:

$$h = \frac{\left\{ 0.868 + CF \left(\frac{r}{h} \right)^{1.5} \right\} \text{Log}_{10} N}{\{1 + 0.204[R_E - 1]\}} \times \left(\frac{\frac{P}{\pi r^2}}{\left(\frac{s}{f_s} \right) \left\{ 1 - 0.9 \exp \left[- \left(\frac{r}{h} \right)^2 \right] \right\} N_c C_u} - 1 \right)^{1/2} r$$

Dónde:

h= Espesor compactado de agregado requerido (m).

CF = Factor de calibración para el Geosintético usado en el diseño ($\{0.661 - 1.006\}^2$, para Geomallas biaxiales)

N = el número de ejes que transitan.

R_E = Módulo de ratio límite de agregado compactado de suelo en subrasante (máximo = 5.0).

P = Carga de la rueda (KN)

r = radio de la rueda equivalente en el área de contacto (m).

s = profundidad de rodera permisible (mm; para profundidades de rodera entre 50 mm y 100 mm).

f_s = profundidad de rodera de referencia (75mm).

N_c = factor de capacidad de carga (3.14 para no reforzados; 5.14 para refuerzo con Geotextil; 5.71 para refuerzo con Geomalla).

C_u = Fuerza cortante de subrasante no drenada (tomada como 30 KPa x CBR del suelo de subrasante entre CBR de 1% a 5%).

$P/\pi r^2$ = Presión de contacto del neumático (KPa) y es equivalente a la presión del neumático (p).

Es importante el hacer notar que el método de diseño ha sido calibrado por Giroud-Han para superficie de roderas entre los 50mm (2") y los 100mm (4") y para subrasantes con resistencias entre los 30 kPa (CBR = 1%) y los 150 kPa (CBR = 5%), para una capa de agregado compactado con resistencia de 600 kPa (CBR = 20%). El determinar el factor de calibración (CF) para el Geosintético utilizado en el proceso de diseño requiere una calibración exhaustiva para cada material. Éste proceso puede ser muy costoso y requeriría de mucho tiempo ya que el determinar el CF para un Geosintético es también una función de las variables de diseño r, h, R_E , P, s y C_u que son derivados de prácticas de prueba y construcción.

Los valores de CF para Geosintéticos fueron determinados a través de calibraciones exhaustivas con la ecuación G-H siguiendo las guías de AASHTO y la FHWA, usando los resultados de pruebas con cargas cíclicas a gran escala. Dicha Calibración fue realizada usando capas con diferente espesor y resistencia para diversas secciones de subrasante y agregados.

Fueron Monitoreadas todas las cargas aplicadas, su frecuencia, niveles de deformación en el Geosintético y presión de poro provocada por el agua en la subrasante y los agregados.

Los valores de CF obtenidos de esta prueba fueron establecidos siguiendo el método de diseño G-H publicado por Pokharel en la universidad de Kansas.

El nivel de tensión, separación y disipación de presión de poro proporcionada por ciertos Geotextiles tejidos es inigualable comparada con otros Geosintéticos. Dicha superioridad puede ser atribuida a su alto modulo a tensión con baja deformación, su mejor capacidad de drenaje y filtración así como su excepcional interacción con los suelos de la carretera.

El elegir trabajar con una serie superior a un geotextil no tejido común dará diversos beneficios al suelo de la subrasante de proyecto como: mejora en la capacidad de contención lateral, disipación de presión de poro y funciones de rompimiento de capilaridad.

La tabla 1, inferior, muestra el excepcional comportamiento de estos Geosintéticos al reducir el espesor de agregado estimado, por ejemplo de una sección transversal carretera.

Tabla 1.- Porcentajes de reducción de la capa estimada de agregado usando Geosintéticos Tencate Mirafi® con el método Giroud-Han para caminos sin pavimentar.

Subgrade Strength	Calculated Base Course Reduction Percentages Resulting from the Inclusion of Mirafi® Geosynthetics below the Base Course: ¹			
	H ₂ Ri ²	RS580i ²	RS380i ²	RS280i ²
CBR (%)				
2.0	59%	57%	53%	39%

Notas: 1) Las estimaciones son de 750,000 cargas aplicadas, cargas de neumáticos de 14 kip, presión de huella de 110 psi, profundidad de rodera de 1 pulgada, CBR de agregado igual al 20% y un factor de seguridad general de 1.0.

2) Espesor mínimo recomendado para capa de agregado no menor a 6" para los Geosintéticos Mirafi®.

Un ejemplo de cálculo de diseño proporcionará un análisis de los ahorros calculados sobre la cantidad de agregado necesario y los costos para una sección típica de subrasante de suelo blando usando Mirafi® RS380i y diseñado con el método de G-H para caminos sin pavimentar.

EJEMPLO

Una sección de un camino sin pavimentar soportará 12,000 ejes con carga de 9,000 lb por ambas ruedas y con 100 psi de presión de neumático, será construido sobre una subrasante de suelo blando, el cual tiene un CBR = 1.6% y la superficie de rodera tolerables será de 1.5 pulgadas.

Calcular el ahorro en costos por milla con la ayuda de Mirafi® RS380i en la sección transversal del camino, en la superficie de contacto de la subrasante y la sección de agregado.

Datos:

Número de ejes que transitan (N) = 12,000
Carga de la llanta (P) = 9,000 lb = 40 kN
Presión de neumático = 80 psi = 552 kPa
Superficie de rodera = 1.5 pulgadas = 37.5 mm
CBR de subrasante = 1.6% = 48 kPa = Cu
Geosintético de refuerzo: Mirafi® RS380i

Solución:

Primeramente, se calcula el espesor requerido para agregado en camino sin Geosintético usando el método Giroud-Han. El factor Nc de capacidad de carga para una subrasante de suelo blando es 3.14 (o π) y el CF para un camino sin refuerzo es 0.661. La solución de "h" requiere iteración, lo que quiere decir que se comenzará con un valor "h" propuesto y después el nuevo valor "h" se obtendrá resolviendo la ecuación dada, colocando el nuevo valor de "h" nuevamente en la ecuación que se está resolviendo, repitiendo este procedimiento hasta que la diferencia entre el valor resultante de "h" y el valor "h" ingresado sea el mismo o sea mínimo (la diferencia es inapreciable). **Usando la ecuación G-H, el espesor "h" = 24 pulgadas (600mm).**



A continuación, se calcula el espesor requerido para una sección usando Mirafi® RS380i como Geosintético de refuerzo. El factor Nc para una Geotextil usando la ecuación G-H es 5.14 ($\pi + 2$) y el parámetro CF para Mirafi® RS380i es 0.061. **El espesor calculado usando Mirafi® RS380i es de 6 pulgadas (150mm).**

Ahorros:

El espesor de la capa de agregado se puede reducir aproximadamente 18 pulgadas (450 mm) usando Mirafi® RS380i. Si el agregado tiene un costo de \$30/ton, los ahorros por el material sería aproximadamente de \$190,000 por milla.

Conclusión:

El ejemplo muestra solamente los ahorros en costos del agregado que se pueden tener utilizando Mirafi® RS380i en un camino sin pavimentar. Otros beneficios de las series RSi y H2Ri con el ahorro en costos de construcción, ahorro en acarreo y maniobras, así como calendarios de obra más reducidos. Los ahorros se pueden ver a lo largo del tiempo a través del incremento de la vida útil de la vía y su reducción en los costos de mantenimiento.

Algunas veces el uso de las series RSi y H2Ri de Geotextiles Mirafi® hace que un proyecto que una vez se cree como imposible sea factible.



Visite la sección “Librería de Conocimiento (Knowledge Library)” de nuestra web: www.mirafi.com, para obtener casos de estudio, guías de instalación, fichas técnicas y guías de diseño para otras aplicaciones en Ingeniería Civil.

Términos:

TenCate no es responsable por el uso completo o parcial de esta

información por parte del comprador. TenCate renuncia a todas las expresiones, estándares implícitos o estatutarios, promesas o garantías, incluyendo sin limitación cualquier garantía implicada como comercialización, definida para un propósito particular, derivada de una negociación o uso para el comercio de algún equipo, material o información aquí otorgada. Este documento no debe ser utilizado como una herramienta de ingeniería.



Referencias

1. Barenberg, E. J., Dowland, James H. Jr., and Hales, John H., "Evaluation of Soil Aggregate Systems with Mirafi® Fabric," Civil Engineering Studies, Department of Civil Engineering, University of Illinois, 1975
2. Hamilton, J. M., Pearce, R. A., "Guidelines for Design of Flexible Pavements Using Mirafi® Woven Stabilization Fabrics," Law Engineering, Houston, TX 1981
3. US Department of Transportation, Federal Highways Administration, National Highway Institute, Course No. 132013, "Geosynthetic Design and Construction Guidelines Reference Manual, Chapter 5," Publication No. NHI-06-116, February 2007
4. Christopher, B. R. and Lacina, B. A., "Roadway Subgrade Stabilization Study", Proceedings of GeoAmericas 2008, Cancun, Mexico, 2008, International Geosynthetic Society, pp. 1013-1021.
5. Christopher, B. R., Perkins, S. W., Lacina, B. A., Marr, W. A., "Pore Water Pressure Influence on Geosynthetic Stabilized Subgrade Performance," Proceedings, 2009 Geosynthetics Conference, Salt Lake City, Utah, February 2009,
6. Perkins, S. W., Christopher, B. R., Lacina, B. A., "Mechanistic-Empirical Design Method for Unpaved Roads Using Geosynthetics," Proceedings of the 4th European Geosynthetics Conference, Edinburgh, Scotland, Paper No. 228
7. AASHTO (2006), Standard Specifications for Geotextiles - M 288, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 26th Edition, American Association of State Transportation and Highway Officials, Washington, D.C.
8. Giroud, J.P. and Han, J. (2004a), "Design method for geogrid-reinforced unpaved roads-Part I: theoretical development," ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 130(8), pp 776-778.
9. Giroud, J.P. and Han, J. (2004b), "Design method for geogrid-reinforced unpaved roads-Part II: calibration and verification," ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 130(8), 787-797.
10. Giroud, J.P. and Noiray, L. (1981), "Geotextile-reinforced unpaved road design," ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 107(9), pp 1233-1253.
11. Kinney, T. C. (2000), Standard test method for determining the "Aperture Stability Modulus" of a geogrid, Shannon & Wilson, Inc., Seattle.
12. Pokharel, S.K. (2010), "Experimental Study on Geocell - Reinforced Bases under Static and Dynamic Loadings, Ph.D. dissertation, CEAE Department, the University of Kansas, 316p.
13. AASHTO (2009), Standard Practice for Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures - R 50-09, American Association of State Transportation and Highway Officials, Washington, D.C.