



GROUNDMAC Design: la solución de software para la estabilización de suelos

MACCAFERRI



Las infraestructuras de transporte suelen tener una superficie de asfalto u hormigón sobre una base granular y una subbase que soportan y distribuyen la carga. Los problemas suelen surgir cuando la subrasante está formada por suelos blandos incapaces de soportar adecuadamente las cargas aplicadas.

MACCAFERRI





Tradicionalmente, las subrasantes débiles se reemplazan con tierra de alta calidad o se mejoran añadiendo cemento, cal o agregados en exceso. Estos métodos suelen ser costosos y llevar mucho tiempo.



Los geosintéticos han demostrado ser una solución versátil y rentable para estabilizar subrasantes. Ofrecen varias ventajas con respecto a los métodos tradicionales:

- > Ahorro de costos
- > Reducción de tiempo de construcción
- > Sostenibilidad medioambiental
- > Control de calidad de los materiales



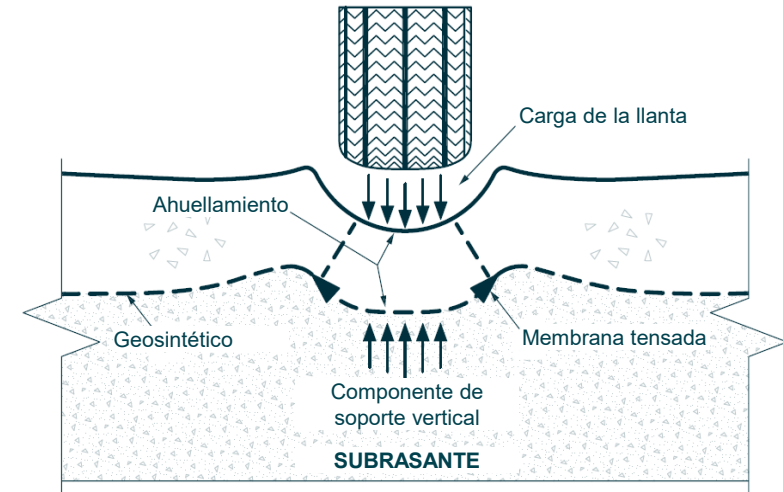
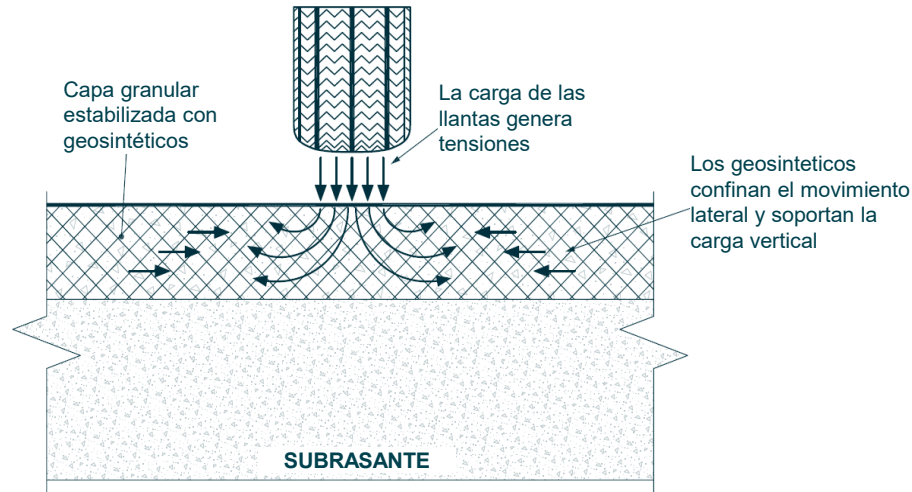
La inclusión de un geosintético adecuado en las capas granulares no ligadas da como resultado una capa compuesta con mayor rigidez y deformaciones controladas.



ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

MACCAFERRI

Mecanismos de la estabilización



Mecanismo de confinamiento

- > Limitación del movimiento de las partículas del suelo
- > Incremento de la resistencia a corte
- > Distribución de la carga sobre un área mccccs grande
- > Control de deformaciones
- > El geosintético funciona a bajas deformaciones

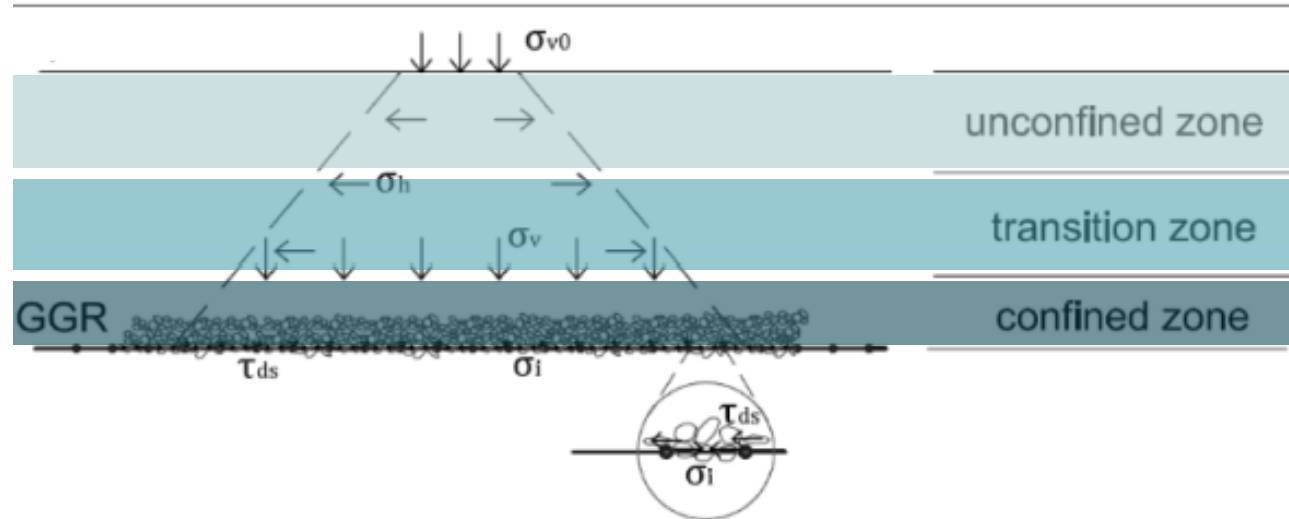
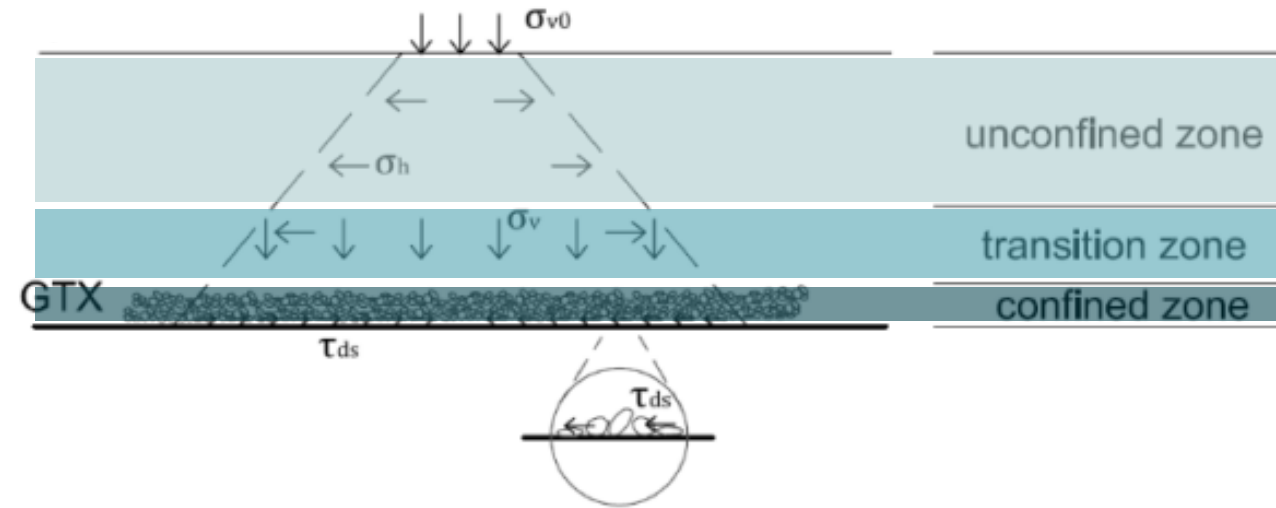
Mecanismo membrana tensada

- > Aumento de la capacidad de carga
- > Control de deformaciones
- > El geosintético funciona a altas deformaciones



ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Zona confinada



ISO TR 18228 - 5

- > Sin asfalto
- > Con Asfalto
- > Plataformas de trabajo

Enfoque de diseño según literatura técnica

- > Ferrovias

Enfoque de diseño Método AASHTO modificado

- > Aeropuertos



ISO/TR 18228-5:2025
Diseño con geosintéticos
Parte 5: Estabilización

Vías pavimentadas



ESTABILIZACIÓN DE CARRETERAS

Enfoque de diseño– Vías pavimentadas

La norma ISO/TR 18228-5 hace referencia al método AASHTO para el diseño de carreteras pavimentadas, que modela la estructura de la carretera mediante la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta psi}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(Mr) - 8.07$$

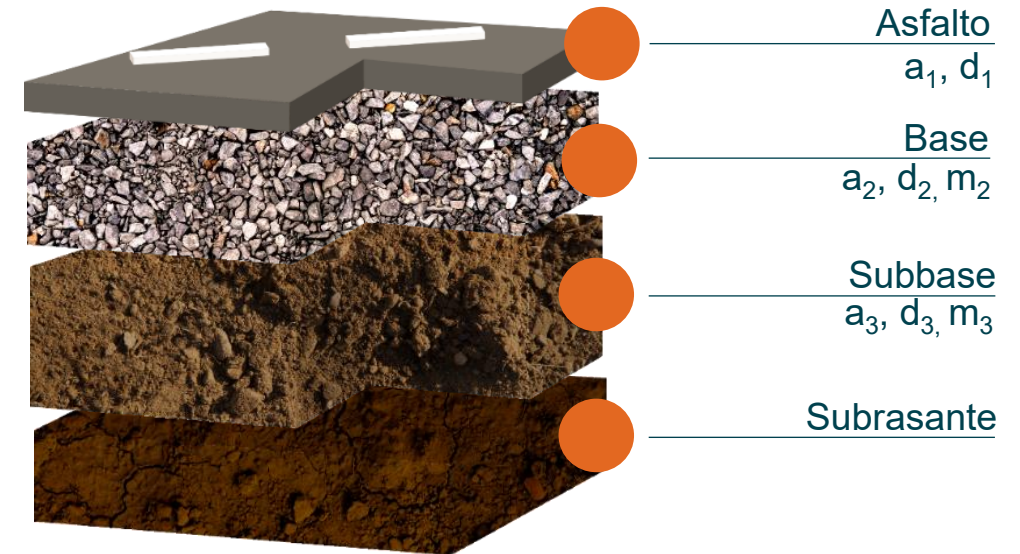
Donde el número estructural SN, que representa la resistencia estructural requerida del pavimento de la carretera en función de las características de la subbase, el tráfico y la capacidad de servicio terminal, se expresa mediante:

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

a = coeficiente de capa

d = espesor de la capa

m = coeficiente de drenaje



ESTABILIZACIÓN DE CARRETERAS

MACCAFERRI

Enfoque de diseño – Carreteras pavimentadas – Mejora del drenaje

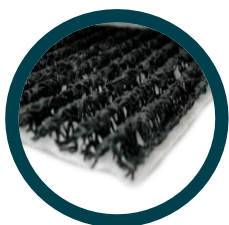
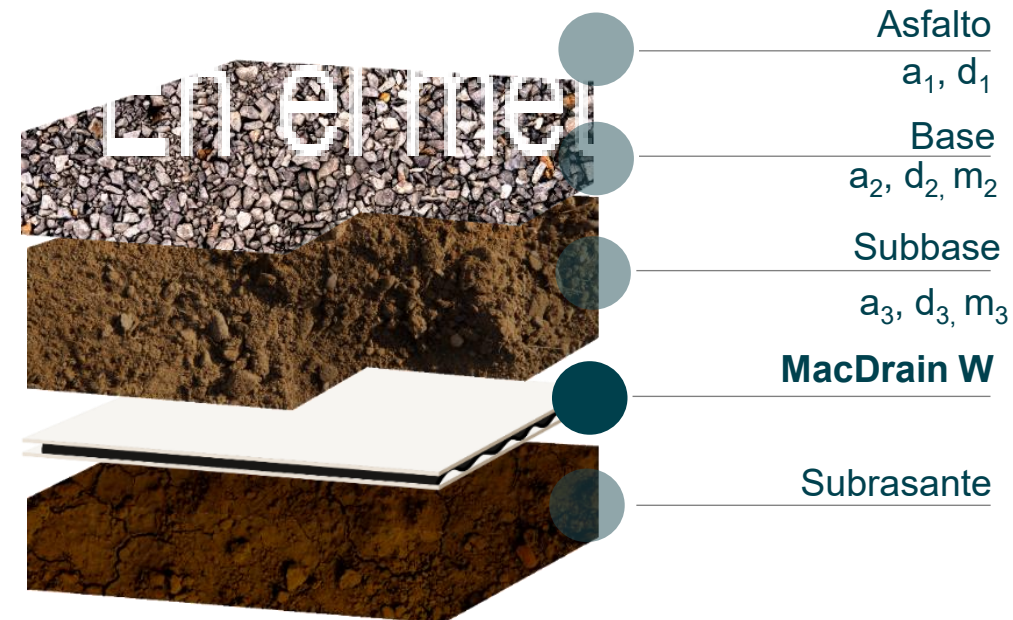
En el método de diseño AASHTO, la influencia del drenaje se incluye en la fórmula SN a través de los coeficientes de drenaje m_2 y m_3 .

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

Quality of Drainage	Percent of time pavement is exposed to moisture levels approaching saturation			
	Less than 1%	1 to 5%	5 to 25%	More than 25%
Excellent	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Good	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Fair	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Poor	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Very Poor	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Con MacDrain W
entre subbase y
subrasante

Valores de “m” recomendados (AASHTO 1993)



MacDrain W → valor de m más grande → SN mayor → menor espesor de la subbase



ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA

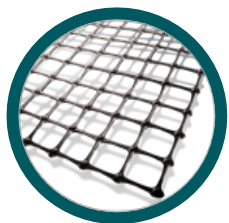
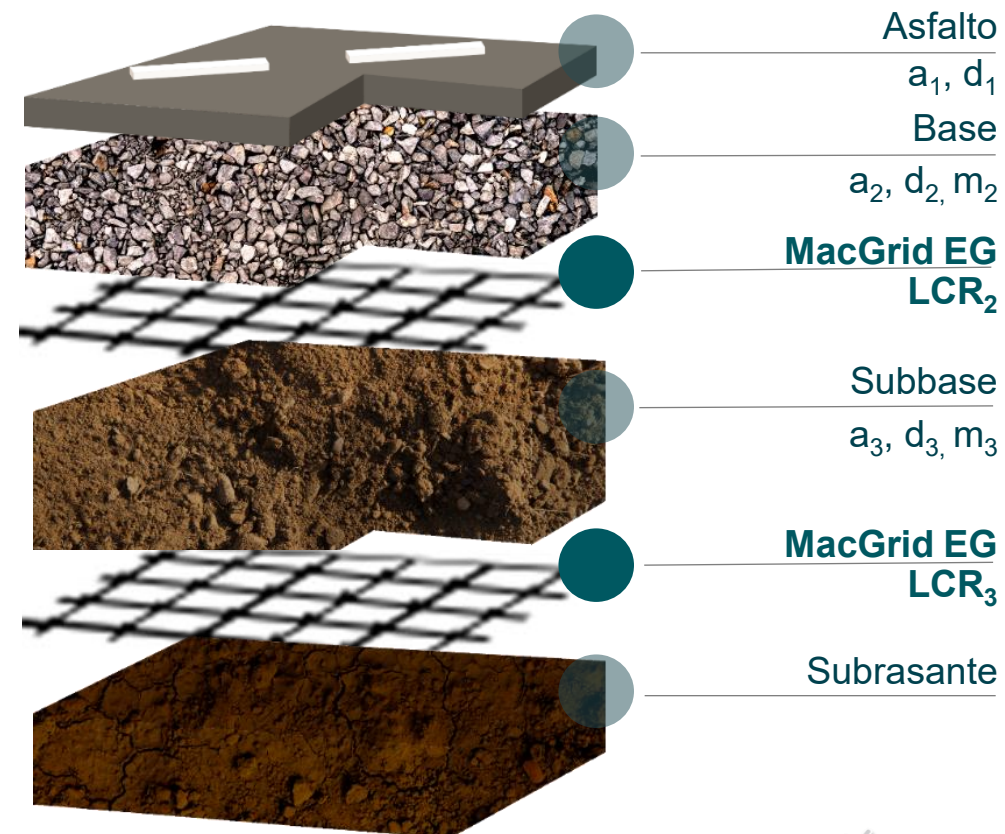
MACCAFERRI

Enfoque de diseño – Vías pavimentadas – Mejora de la rigidez

El efecto estabilizante del geosintético puede ser incluido en el diseño a través del coeficiente LCR (Layer Coefficient Ratio):

$$SN = a_1 d_1 + LCR_2 a_2 d_2 m_2 + LCR_3 a_3 d_3 m_3$$

derivado de datos empíricos específicos para cada geosintético, determinados a partir de pruebas a escala real o pruebas de laboratorio a gran escala en condiciones de carga cíclica, certificadas de forma independiente..



MacGrid EG → valor de a más grande → SN mayor → menores espesores de base y subbase



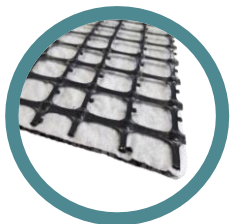
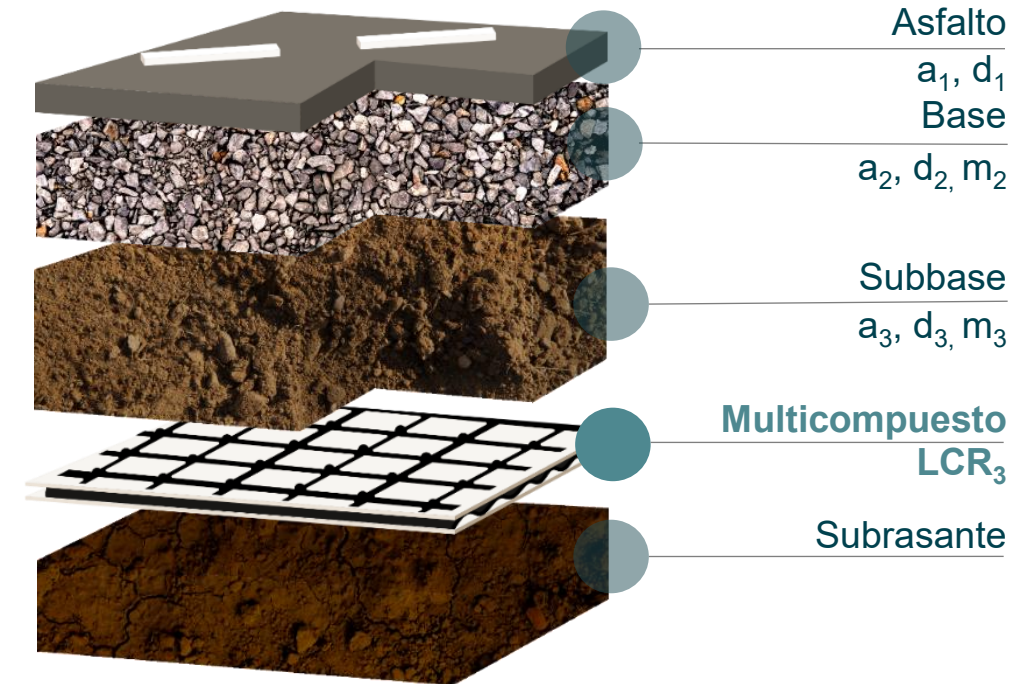
ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA

MACCAFERRI

Enfoque de diseño – Vías pavimentadas – Mejora de drenaje y rigidez

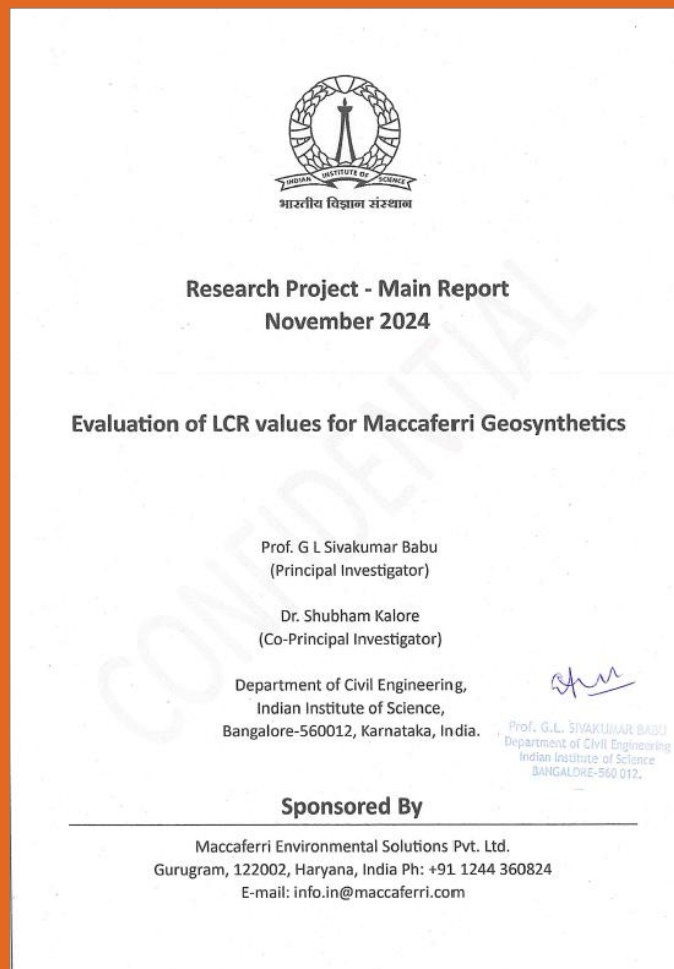
El **multicompuesto** resultante de la combinación de MacDrain W y MacGrid EG permite obtener las ventajas derivadas de la mejora del rendimiento del drenaje y del aumento de la rigidez.

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + LCR_3 a_3 d_3 m_3$$



Multicompuesto → valor de a y m mas grande → SN mayor → menores espesores de base y subbase





Se llevó a cabo una **campaña de pruebas** exhaustiva a **escala real** en el Departamento de Ingeniería Civil del Instituto Indio de Ciencias (IISc) de Bangalore (India) para investigar la eficacia de las soluciones de Maccaferri en la mejora del comportamiento mecánico de las capas granulares.

El análisis de los datos de las pruebas proporcionó **valores LCR validados**.

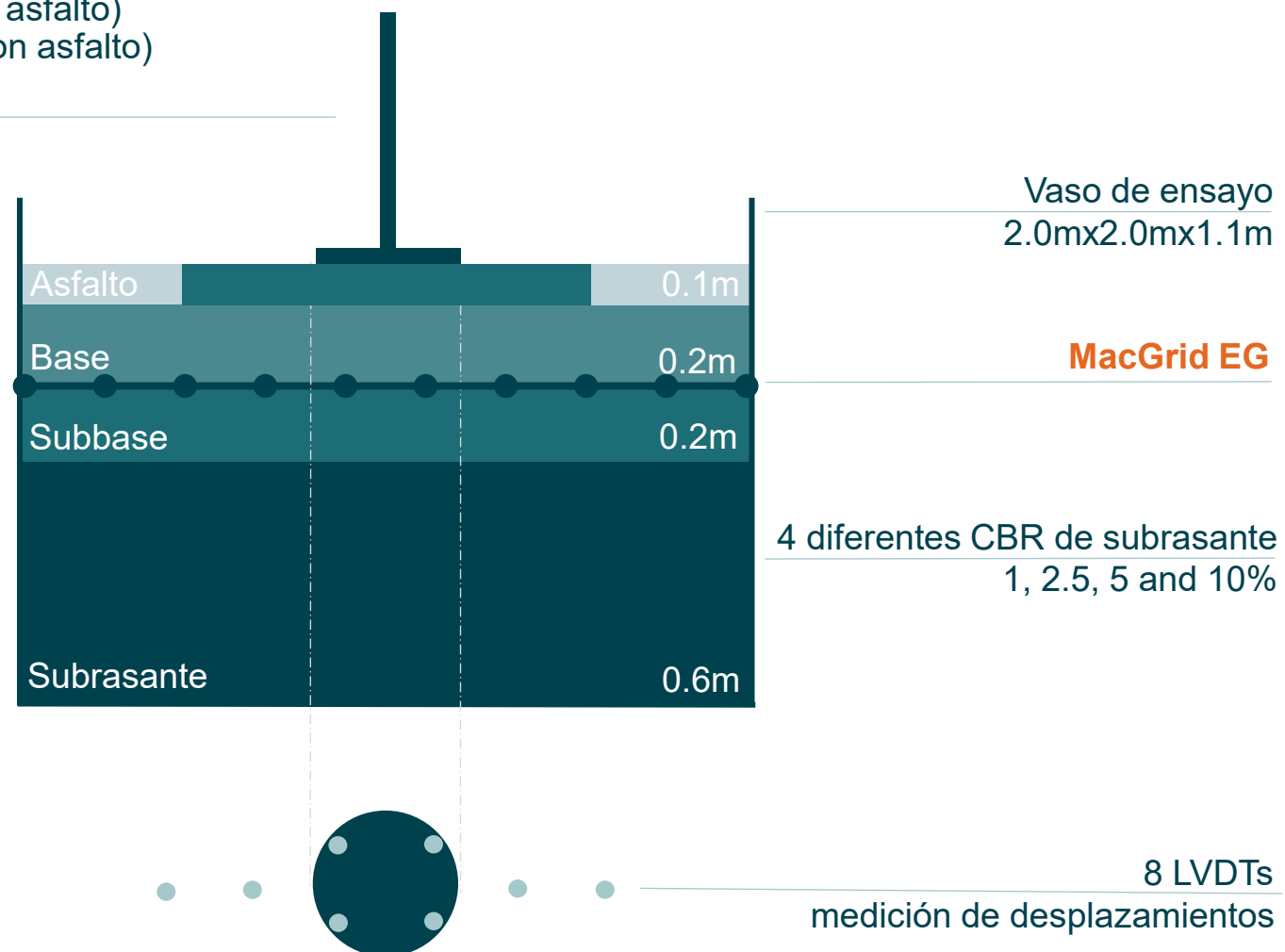


ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA

MACCAFERRI

Configuración de la prueba (ASTM D8462)

10.000 ciclos de carga (sin asfalto)
100.000 ciclos de carga (con asfalto)
560 kPa, amplitud 40 kN

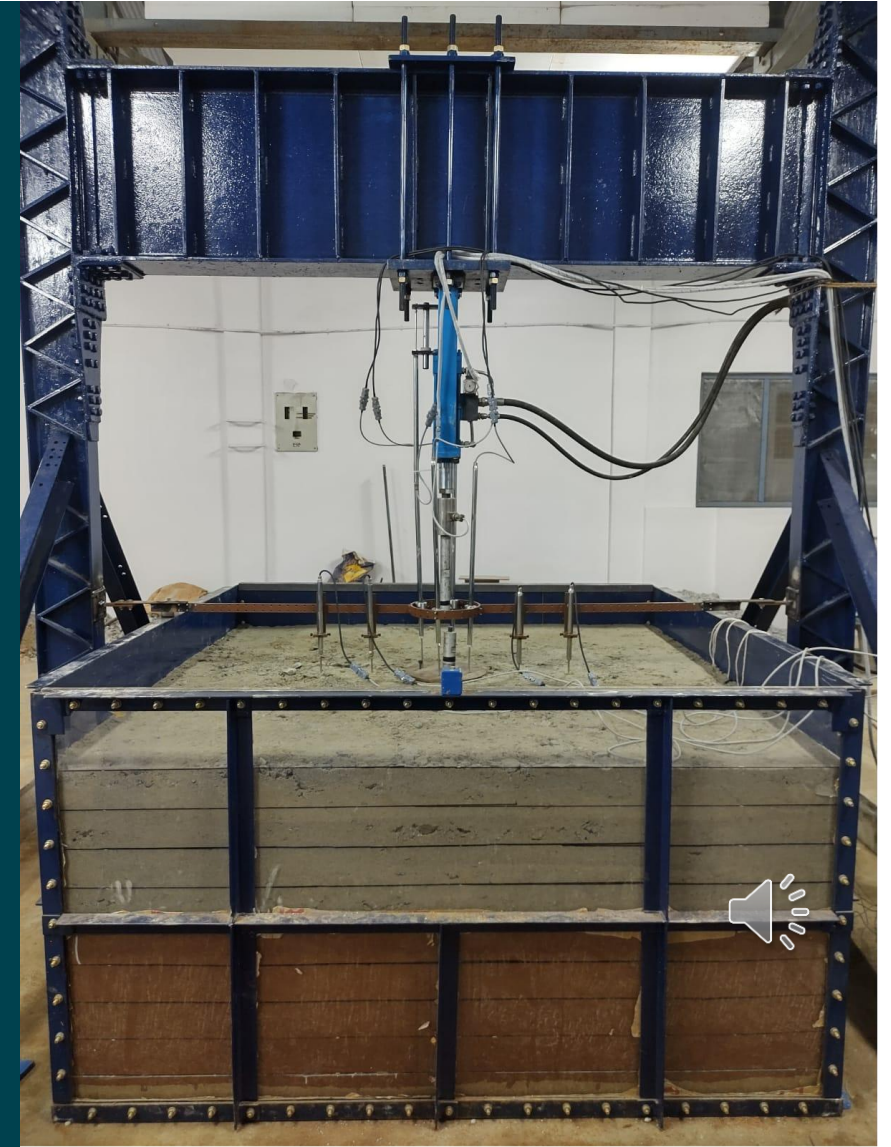


ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA

MACCAFERRI

Resultados de la investigación

- > Los resultados de los ensayos demuestran que la inclusión de MacGrid EG en las capas granulares permite optimizar el espesor de dichas capas o prolongar su vida útil.
- > Se observó que los valores de LCR eran más altos en el caso de subrasantes con un CBR más bajo que en el de subrasantes con un CBR más alto.
- > Se observó que los valores de LCR aumentaban con el aumento de la resistencia a la tracción de la geomalla.
- > No se observó ninguna influencia de la capa de asfalto en los resultados. Esto permite realizar pruebas en secciones sin pavimentar, lo que simplifica su ejecución.



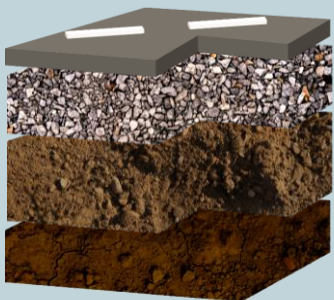
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

MACCAFERRI

Solución rentable y sostenible

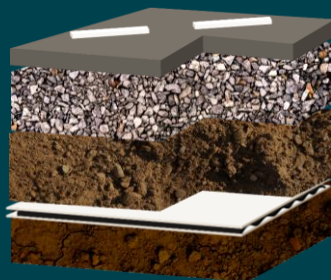
No estabilizado

- > base=0.60m
- > subbase=1.00m



Estabilizado con MacDrain W

- > base=0.60m
- > subbase=0.70m

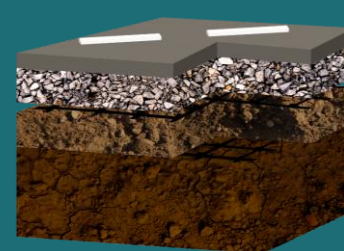


Reducción del espesor

- > -30% (subbase)
- > n.a. (base)

Estabilizado con MacGrid EG

- > base=0.40m
- > subbase=0.60m

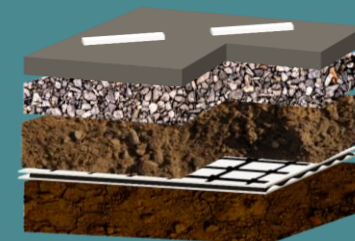


Reducción del espesor

- > -40% (subbase)
- > -33% (base)

Estabilizado con Multicompuesto

- > base=0.30m
- > subbase=0.55m



Reducción del espesor

- > -45% (subbase)
- > -50% (base)



Análisis del ciclo de vida (LAC)



Advanced Multi-Composite Products for Road Stabilization: A Comparative Design and LCA Analysis

Fabrizio Travato¹, Zeynephan P.V.², Giulia Lugli³ and Pierre Rimoldi⁴

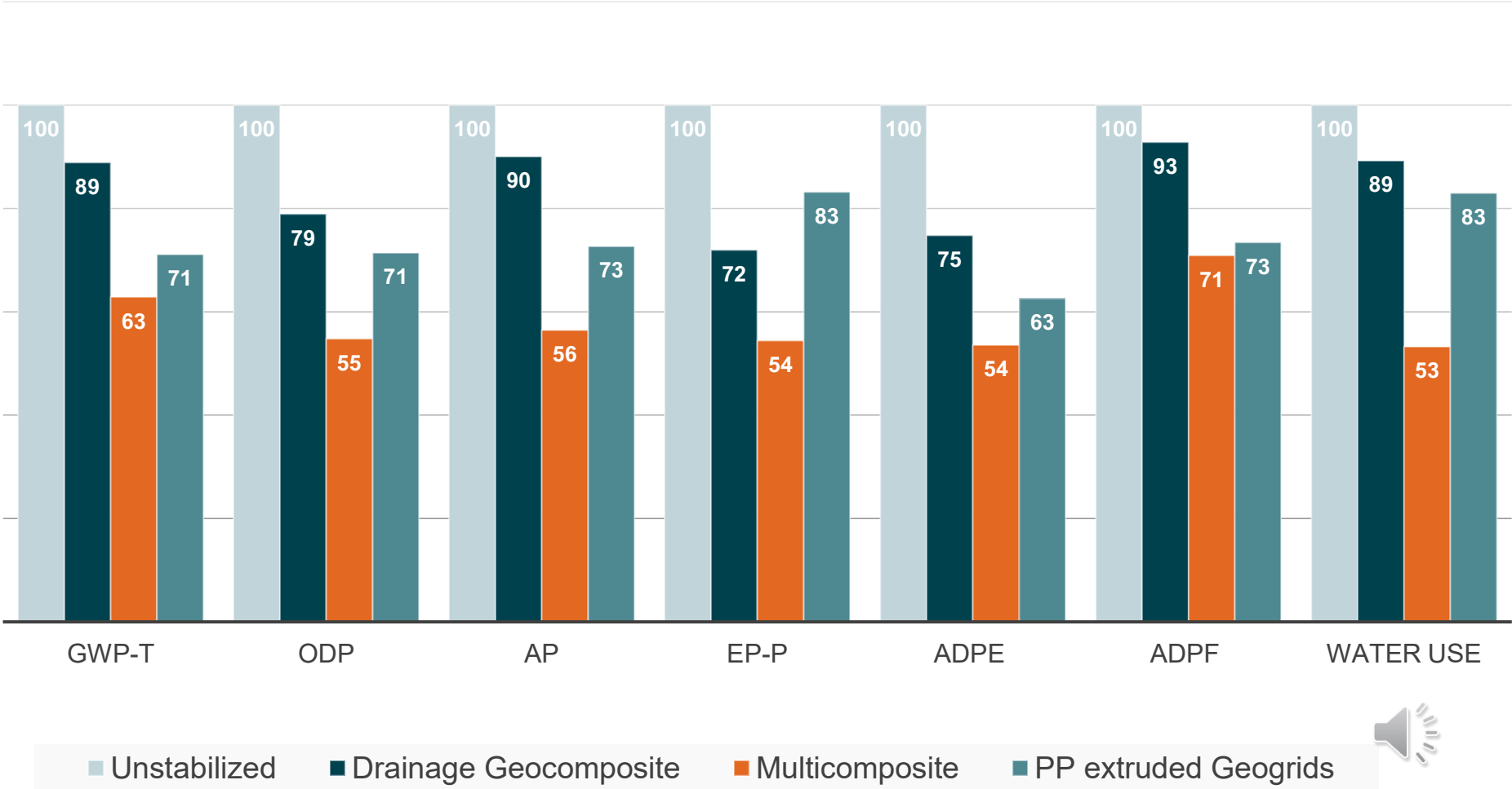
¹Officine Maccaferri S.p.A. Geosynthetic Business Unit, 40132 Bologna, Italy
²Maccaferri Middle East, Technical Department, Dubai, UAE
³Civil Engineering Consultant, 20137 Milano, Italy

Abstract. In the construction sector, there is a growing emphasis on sustainable solutions driven by global recognition of the negative impacts of human activities on the environment. Among these solutions in civil engineering applications, geosynthetics have proven to be a versatile and high-performing alternative to traditional materials, offering significant advantages in terms of reducing resource consumption and minimizing CO₂ emissions. When two or more geosynthetic materials are combined to create a single product, the result is a high-performance product called a multi-composite geosynthetic. These are engineered to enhance project efficiency and sustainability, ensuring faster and more efficient installation in terms of time, costs, and CO₂ emissions from production and installation operations. A notable example of this innovation is the use of multi-composite geosynthetics for road applications, which incorporate a biaxial geogrid with a drainage geogrid. These integrated components work synergistically to stabilize subgrades, facilitate water drainage through the drainage core, and reduce the thickness of aggregate layers due to the inclusion of the reinforcement element. In this paper, the results of a comparative design calculation based on the AASHTO 1993 method will be presented to better illustrate how the inclusion of a multi-composite geosynthetic within the road structure can impact the reduction of various layers in comparison to an unstabilized road section. These results will be used to perform a comparative Life Cycle Assessment analysis, confirming the effectiveness of the multi-composite solution compared to traditional design methods.

1 Introduction

In recent years, the construction sector has placed increasing emphasis on sustainability, as public administrations and engineers have become more aware of the environmental challenges posed by traditional practices. This growing awareness stems from the global recognition of the negative environmental impacts of human activities, leading to the adoption of international directives such as the United Nations Sustainable Development

* geosynthetics@maccaferri.com



ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

MACCAFERRI

GroundMac



 **GroundMac Design**
IMPROVE YOUR SOIL

Prueba nuestro software en edesign.maccaferri.com

SOPORTE A 360° PARA SU PROYECTO

MACCAFERRI

Maccaferri siempre está al lado de ingenieros, arquitectos y constructores.



Nuestro **expertos** en
ingeniería geotécnica
hidráulica y ambiental
pueden brindarle apoyo en
cada fase del proyecto.



Gracias!

MACCAFERRI