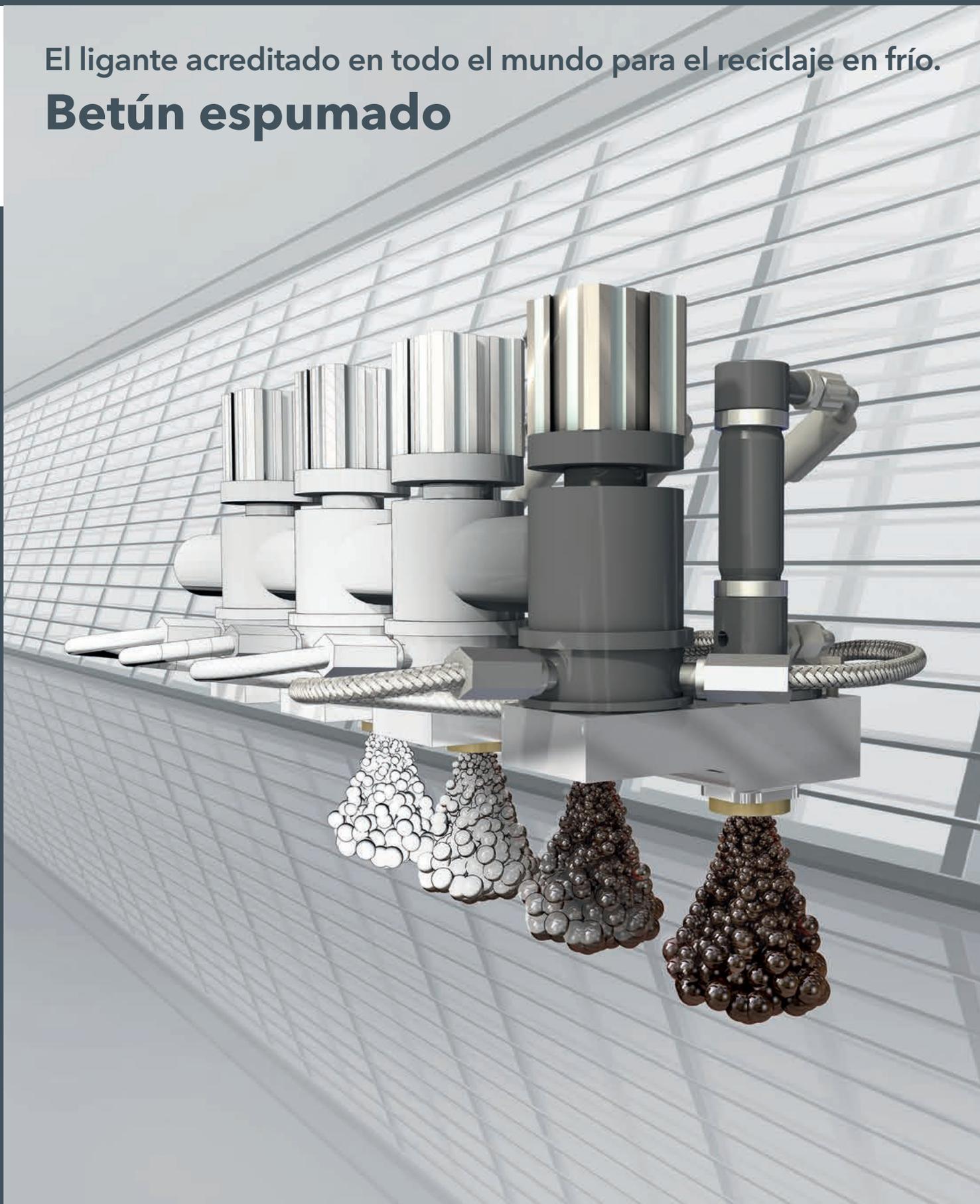


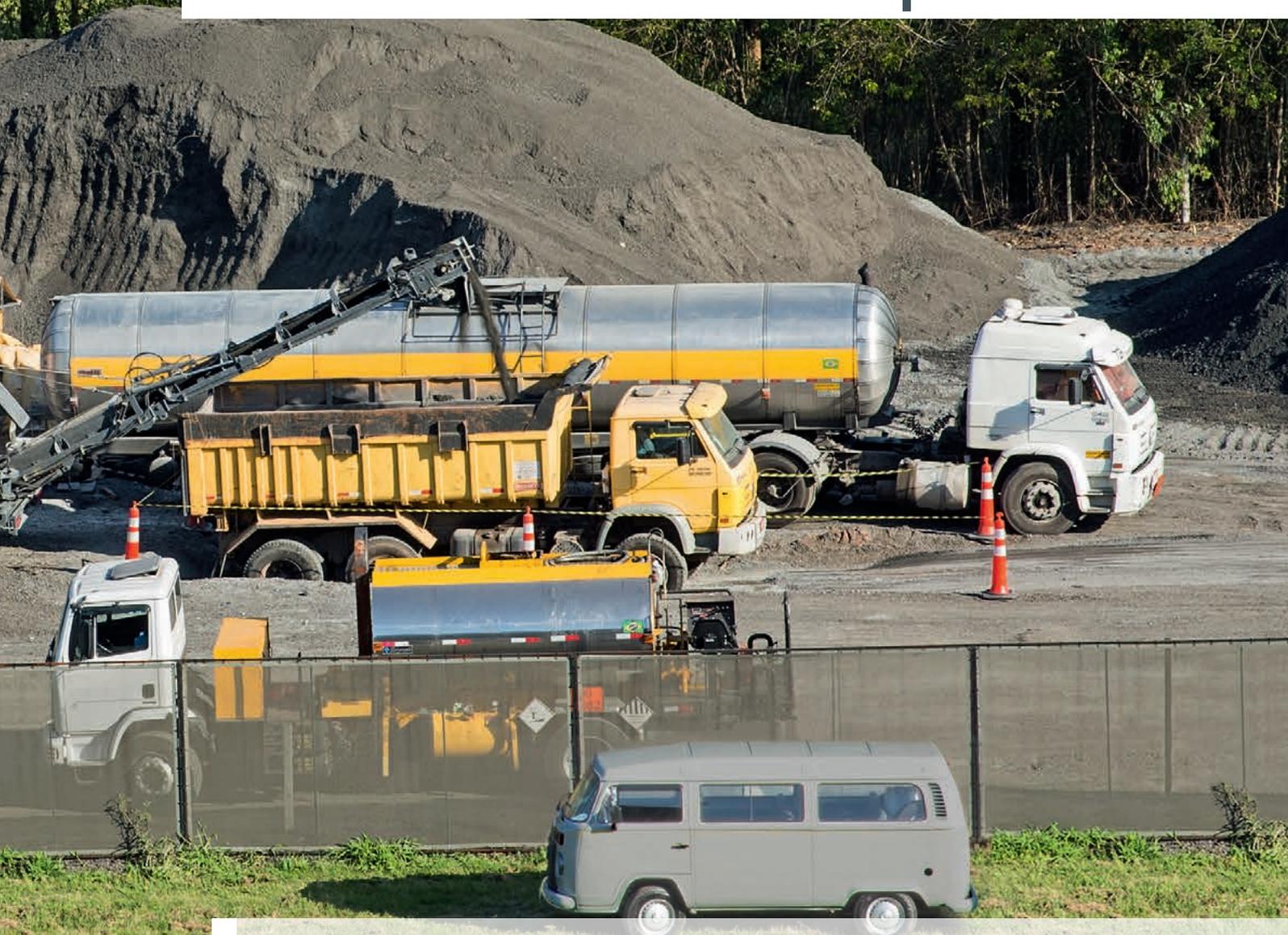
El ligante acreditado en todo el mundo para el reciclaje en frío.

# Betún espumado





# Perfectamente preparados para el futuro con betún espumado.



Un proceso de alta calidad, económico, ecológico y de futuro asegurado: el reciclaje en frío con betún espumado, un ligante innovador. Además, está inseparablemente vinculado con el nombre de WIRTGEN, el pionero del betún espumado. Nuestra profesionalidad y nuestra experiencia de muchos años fue madurando a raíz de nuestra visión de perfeccionar las posibilidades que ofrece la tecnología. Siempre por el bien del cliente, siempre cerca del cliente. Un sinfín de usuarios de todo el mundo ya se han convencido del acreditado material para la construcción de carreteras.

## CONTENIDO

BETÚN ESPUMADO: EFICACIA SOSTENIBLE	6-7
UN PROCESO DE FUNCIONAMIENTO PERFECTO	8-9
PRODUCCIÓN DE BETÚN ESPUMADO EN EL LABORATORIO	10-11
PROPIEDADES DEL MATERIAL ESTABILIZADO CON BETÚN (BSM, POR SUS SIGLAS EN ALEMÁN)	12-13
APLICACIÓN IN SITU O EN PLANTA	14-15
MEZCLAS EN FRÍO CON BETÚN ESPUMADO	16-17
EJEMPLOS DE UNA CAPA DE MATERIAL ESTABILIZADO CON BETÚN	18-19
AMPLIO CAMPO DE APLICACIONES DE UNA SOLA MANO	20-21
APOYO PROFESIONAL DE PRINCIPIO A FIN	22-23
HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA DEL BETÚN ESPUMADO	24-25
EL BETÚN ESPUMADO Y SU USO EN TODO EL MUNDO	26-27



# Betún espumado: eficacia sostenible

06  
07

1 |





**UN MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS MÁS ALTAS EXIGENCIAS MEDIOAMBIENTALES**

**HASTA UN 100 %**

menos de costos por eliminación de materiales

**HASTA UN 90 %**

menos de volumen de transporte

**HASTA UN 90 %**

menos de consumo de recursos

**HASTA UN 50 %**

menos de consumo de ligantes

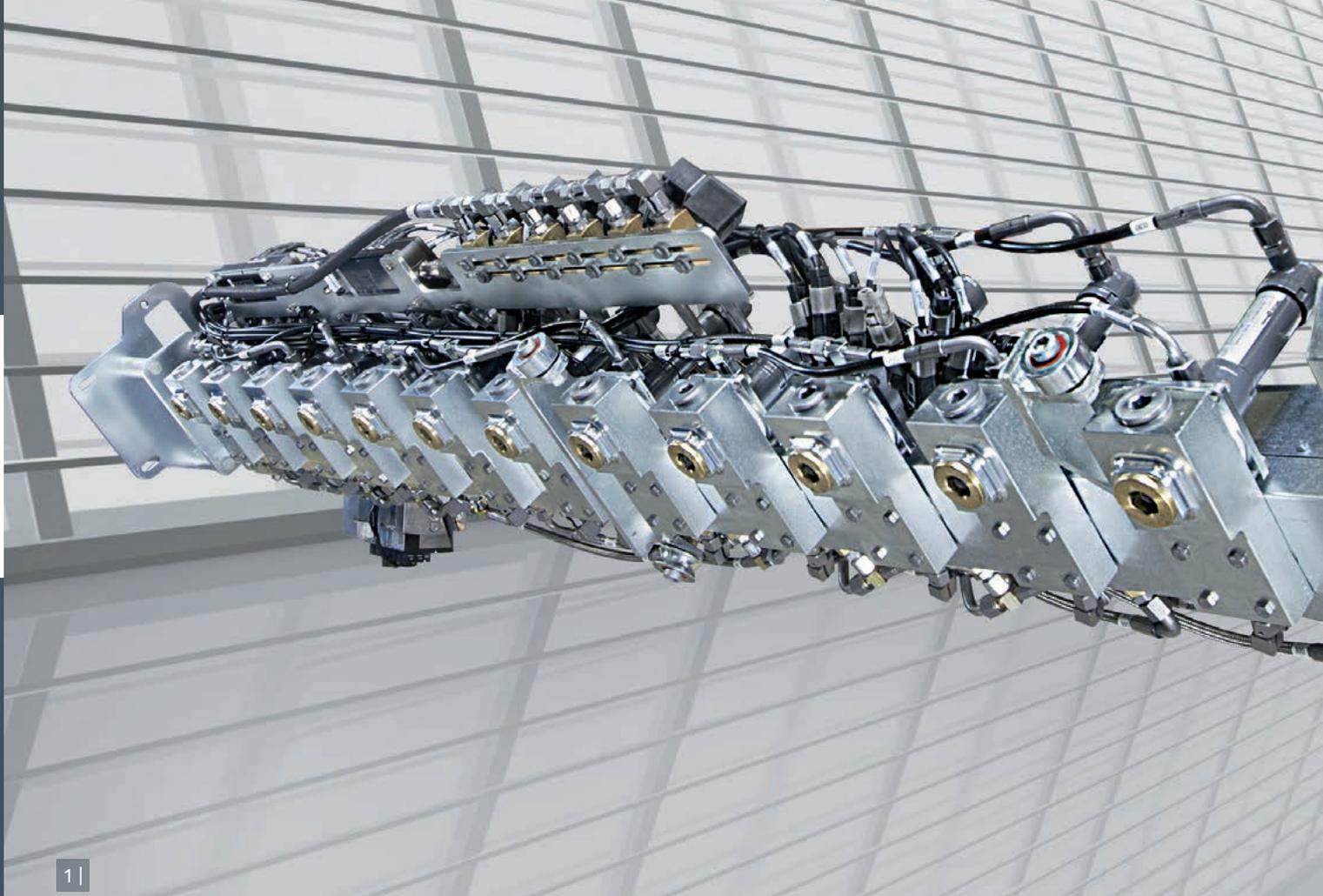
**HASTA UN 50 %**

menos de tiempos de construcción

**HASTA UN 50 %**

menos de costos totales

**1** | *El reciclaje en frío con betún espumado recurre a material reciclado, y solo se incorporan ligantes a la mezcla.*



1 |

1 | *Unas instalaciones especiales inyectan el betún espumado de forma dosificada en la cámara de mezcla, mientras que unos microprocesadores garantizan ...*

# Un proceso de funcionamiento perfecto

## UN MATERIAL CON UN POTENCIAL ENORME

El reciclaje en frío con betún espumado como ligante es una tecnología que se ha implantado en el mundo entero y que cobra cada vez más importancia tanto para las autoridades de construcciones viales como para empresas constructoras dedicadas al saneamiento y la construcción de carreteras.

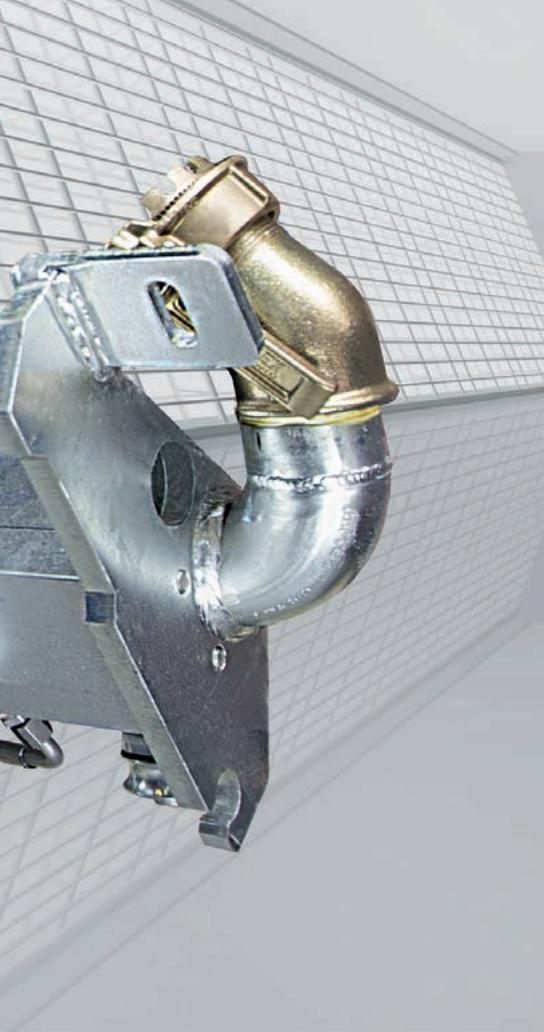
El reciclaje en frío con betún espumado permite producir capas de base flexibles y duraderas. Estas constituyen el fundamento ideal para el extendido del firme de asfalto de poco espesor. El betún espumado se produce con la ayuda de una modernísima tecnología y betún normal calentado a una temperatura de unos 175 °C. La producción del betún espumado y su adición a un aglomerado mineral se llevan a cabo de manera muy precisa dentro de la recicladora WIRTGEN mediante instalaciones de inyección controladas por microprocesadores.



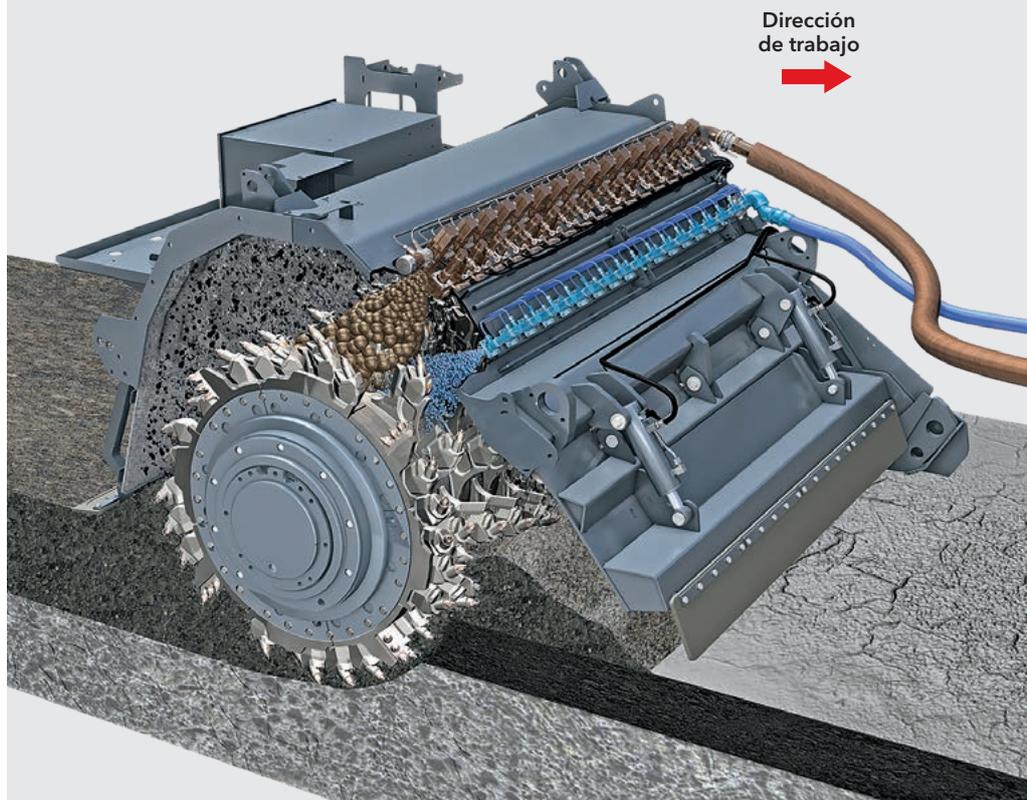
2 | *... la adición exacta en toda la anchura de trabajo en función del avance de la máquina y la profundidad de reciclaje.*

## EL SOFISTICADO PROCEDIMIENTO CONVENCE POR:

- > la durabilidad extrema de las capas
- > la rentabilidad
- > la protección de los recursos
- > el ahorro de CO<sub>2</sub>
- > la reducción del tiempo de construcción.



ADICIÓN DE BETÓN ESPUMADO Y AGUA MEDIANTE INSTALACIONES DE INYECCIÓN INDEPENDIENTES A UNA MEZCLA DE MINERAL GRANULADO



### ¿CÓMO SE PRODUCE BETÓN ESPUMADO?

El término «betón espumado» se deriva de la acción de «espumar» ejercida por el betón. Esto incluye la inyección de una cantidad pequeña de agua y de aire bajo una alta presión en el betón calentado, con lo que el betón produce espuma y su volumen original aumenta a un tamaño 20 veces mayor. A continuación, la espuma se añade directamente a la mezcladora a través de unas toberas de inyección y se procesa perfectamente con materiales de construcción fríos y húmedos. A este material nuevo de construcción, frecuentemente producido reutilizando asfalto fresado, se le denomina material estabilizado con betón (BSM, por sus siglas en alemán).



11

1 | Una pequeña cantidad de agua provoca un aumento instantáneo del volumen del betún caliente (betún espumado).

## Producción de betún espumado en el laboratorio

### DETERMINACIÓN PRECISA A PRIORI DE LA CALIDAD DEL BETÚN ESPUMADO

Ya desde antes de comenzar las obras, es posible definir con suma precisión la calidad del betún espumado mediante unos análisis preliminares realizados en el equipo de laboratorio transportable WLB 10 S para materiales de construcción. Gracias al manejo sencillísimo es posible variar rápidamente los parámetros como la cantidad de agua, la presión de aire y la temperatura.

Sobre todo los parámetros de «expansión» y «vida media» caracterizan la calidad del betún espumado.

Con la instalación de laboratorio móvil de betún espumado WLB 10 S, la mezcladora de circulación forzada de dos ejes WLM 30 y el compactador de laboratorio WLV 1 hemos implementado en la tecnología de laboratorio más moderna nuestros muchos años de experiencia práctica. Gracias a las máquinas innovadoras se pueden producir especímenes de ensayo adecuados en un abrir y cerrar de ojos.

Además, el compactador de laboratorio WLV 1 sirve para producir especímenes de ensayo a partir de material estabilizado por betún. La altura de los especímenes, el número de capas y el tiempo de compactación máximo se pueden especificar de forma muy sencilla.



2 |

## EL SECRETO ES LA MEZCLA

El equipo de laboratorio WLB 10 S de WIRTGEN realiza las siguientes tareas:

- Comprobación general de las clases de betún empleadas en cuanto a su idoneidad para el proceso de transformación en espuma.
- Optimización del proceso de transformación en espuma mediante la adaptación de la temperatura y la adición de agua.
- Producción de aglomerado con diferentes cantidades de betún en el laboratorio.

Para la producción de aglomerado en el laboratorio de obras viales, el equipo WLB 10 S está unido directamente con la mezcladora de circulación forzada de dos árboles WLM 30. El betún espumado generado se inyecta en el proceso de mezcla en marcha del equipo WLM 30. Los materiales de construcción se mezclan de forma precisa y sin pérdidas. En un tiempo muy breve surgen aglomerados para la producción de probetas.



3 |



4 |

2 | Con la ayuda del equipo de laboratorio WLB 10 S se pueden realizar series de mediciones para determinar las propiedades del betún espumado.

3 | La mezcladora de circulación forzada de dos árboles WLM 30 para lotes de unos 25 kg destaca por su elevada intensidad de mezcla.

4-7 | Es posible producir con facilidad diferentes clases de betún espumado para luego determinar la composición ideal del aglomerado.



5 |



6 |



7 |

# Propiedades del material estabilizado con betún (BSM)

12  
13

## APLICACIÓN DE MATERIAL ESTABILIZADO CON BETÚN

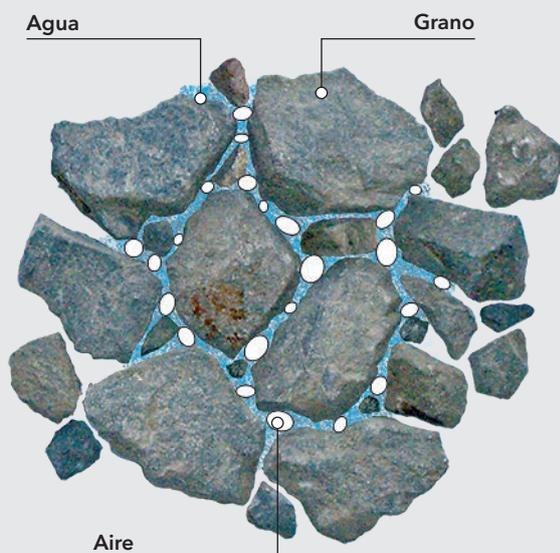
La aplicación de material estabilizado con betún se distingue por su trabajabilidad muy sencilla. Es posible realizar las medidas subsiguientes de compactación sin limitación de tiempo mientras el material esté suficientemente húmedo. Otro factor decisivo es que las capas de material estabilizado con betún se pueden abrir temporalmente al tráfico inmediatamente después de terminar los trabajos.

La capa de material de reciclaje en frío frecuentemente sólo requiere una delgada capa de asfalto que sirve de capa de desgaste. El factor esencial de los trabajos de reparación es únicamente la capa superior de asfalto, mientras que la capa de material de reciclaje en frío queda intacta, lo que, a su vez, se amortiza con los bajos costos de mantenimiento de la carretera.

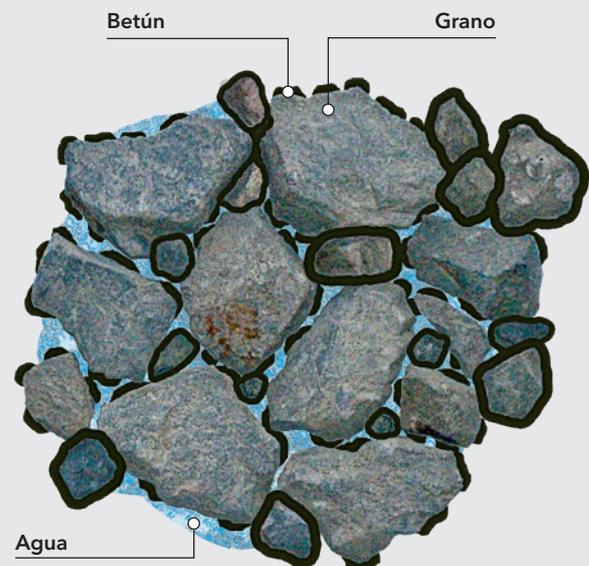
## ESTRUCTURA DEL MATERIAL

Las mezclas en frío producidas con betún espumado se comportan de igual manera que los materiales de construcción con constante fricción interna de las partículas entre sí, sin embargo, con una cohesión y una solidez considerablemente más altas. A este material también se le denomina material estabilizado con betún (BSM).

El aglomerado con material estabilizado con betún no es una envoltura de los granos, sino una mezcla homogénea del betún, por lo general, del 1,5 %m al 2,5 %m de la mezcla de materiales viales. Tras la compactación final, el material de construcción destaca por su flexibilidad y su alta capacidad de carga, y ha dado ya excelentes resultados en obras de todo el mundo.



**A** Roca triturada mezclada con agua para una compactación óptima

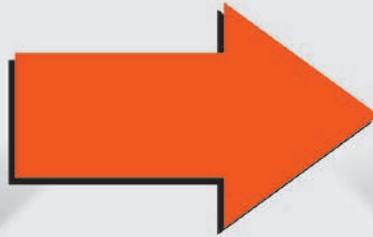


**B** Material estabilizado por betún con betún espumado mezclado con agua para una compactación óptima

## PROPIEDADES DEL MATERIAL ESTABILIZADO POR BETÓN (BSM)



Adición de:  
2,2 % de betún  
1,0 % de cemento  
(la densidad y el contenido de  
humedad son idénticos)



<b>A</b>	<b>Roca quebrada de acuerdo con la granulometría</b>
	<b>Cohesión:</b> 30-55 kPa
	<b>Ángulo de fricción:</b> 43-51°

<b>B</b>	<b>Material estabilizado con betún</b>
	<b>Cohesión:</b> 200-300 kPa
	<b>Ángulo de fricción:</b> 40-49°



**1 |** El material tratado con betún espumado destaca por su solidez y su capacidad de carga óptimas.

# Aplicación in situ o en planta

14  
15

## RECICLAJE EN FRÍO IN-SITU

El reciclaje en frío con betún espumado se subdivide en el procedimiento in situ (en el lugar de obras) y el procedimiento en planta (en el equipo).

En el reciclaje en frío in situ, una recicladora en frío granula el pavimento dañado, le añade betún espumado, así como cemento y agua en función de las necesidades y lo mezcla de manera homogénea. De esta forma se produce, en una sola operación, una nueva mezcla de materiales de construcción (material estabilizado con betún). Las recicladoras en frío utilizadas para el procedimiento in situ están dotadas de un potente rotor de fresado y de mezcla y de una instalación de inyección.

Algunos tipos de máquinas disponen, además, de una regla para el extendido y la precompactación de la nueva mezcla de materiales de construcción.



1 | Tubos flexibles

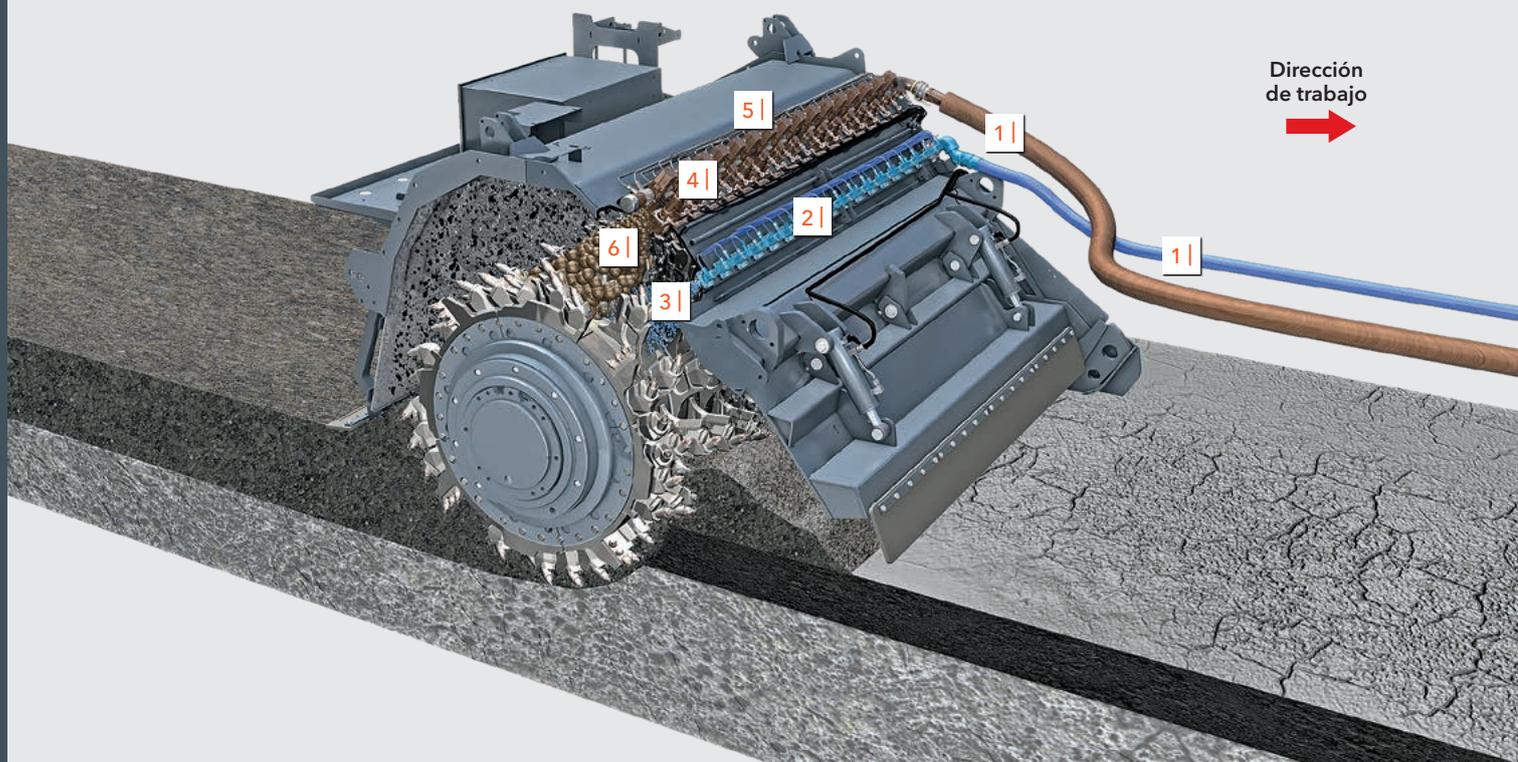
2 | Barra de inyección de agua

3 | Agua inyectada

4 | Barra de inyección para  
betún espumado

5 | Cámaras de expansión

6 | Betún espumado inyectado





1 |

**1 |** La mezcladora en frío KMA 220 «mejora» los distintos materiales de adición y los convierte en una mezcla en frío de alta calidad (material estabilizado con betún).

#### RECICLAJE EN FRÍO EN PLANTA

En el reciclaje en frío en planta, el firme granulado de la calzada se transporta a una mezcladora en frío móvil instalada cerca del lugar de obras, en donde se añade betún espumado al material fresado y, en caso de necesidad, cemento y agua, de forma homogénea para convertirlo en una mezcla en frío (material estabilizado con betún) que se puede extender de inmediato. Es posible extender la mezcla de forma exacta conforme al perfil o almacenarla para utilizarla posteriormente.

#### SISTEMA MODERNO DE INYECCIÓN

Excelente calidad asegurada gracias a la calefacción, controlada por termostatos, que garantiza la temperatura de servicio óptima de todo el sistema de inyección antes y durante la producción de betún espumado. Esto permite prescindir del enjuague muy laborioso del sistema durante las interrupciones del trabajo o al finalizar la jornada. El control del proceso de transformación en espuma y de las cantidades añadidas se efectúa mediante un sistema controlado por microprocesador.



2 |

**2 |** En el interior de la KMA 220/ KMA 220i se encuentra una potente mezcladora continua de dos árboles que mezcla el material fresado y el betún espumado inyectado.

# Mezclas en frío con betún espumado

16  
17

## MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN IN SITU

Por principio, es posible tratar con betún espumado todo tipo de materiales de construcción no ligados, incluyendo el material asfáltico granulado. Las recicladoras de WIRTGEN granulan, en una sola operación, la capa de asfalto y la capa inferior a esta y mezclan in situ el material fresado con betún espumado.

Tras realizar la compactación se obtiene una capa de base bituminosa de alta calidad que resiste cargas muy elevadas causadas por el tráfico.



## MATERIAL GRANULADO EN PLANTA

El material granulado producido con una fresadora en frío de WIRTGEN, por lo general, se puede utilizar de inmediato o se puede guardar durante mucho tiempo. La mezcladora en frío móvil KMA 220 / KMA 220i de WIRTGEN utiliza este material para producir, en planta, una mezcla en frío para el extendido subsiguiente con una extendidora de asfalto de VÖGELE.

## MATERIAL GRANULADO Y MATERIAL NUEVO

Los materiales de construcción granulados y reciclados y el material nuevo se someten a un tratamiento con equipos de trituración y cribado y, posteriormente se pueden mezclar con betún espumado en una mezcladora en frío KMA 220 / KMA 220i.

Es posible tratar con betún espumado cualquier material de construcción de carreteras con una granulación adecuada.



## ENSAYO EN EL LABORATORIO

Mediante una prueba de idoneidad se demuestra la eficacia de las probetas hechas en el laboratorio de obras viales a base de aglomerados previamente producidos.

Una receta óptima de ligantes generalmente consta del 1,5 %m al 2,5 %m de betún espumado y de aprox. 1,0 %m de cemento. Las reducidas cantidades necesarias garantizan una máxima rentabilidad.

Una vez que se alcanza la altura de molde predeterminada definitiva (densidad), el espécimen de ensayo producido puede retirarse fácilmente del molde gracias al cierre rápido y prepararse para el correspondiente procedimiento de prueba. Para calcular la resistencia tensil indirecta (ITS) se pueden producir especímenes de ensayo de 152 mm de diámetro y 95 mm de altura. Para el uso en un procedimiento de prueba triaxial se producen especímenes de ensayo de 152 mm de diámetro y 300 mm de altura.

**1-3** | Según el procedimiento de prueba, se producen especímenes de ensayo de distintas alturas.

**4** | Producción sin problemas también de especímenes de ensayo grandes para el procedimiento de prueba triaxial.



# Ejemplos de una capa de material estabilizado con betún

18  
19



## COSTES TOTALES MUY REDUCIDOS

Las estructuras de carreteras mostradas en el gráfico son ejemplos de las tres categorías diferentes de construcción. Debido a la reducida necesidad de ligantes, a la utilización de material asfáltico granulado y al enorme ahorro de tiempo, estas formas de construcción son particularmente económicas en cuanto

1 | La W 380 CR1 recicla una capa asfáltica añadiendo betún espumado y entrega el material mezclado directamente a la pavimentadora de VÖGELE.

a los costes de producción. La reducción del firme de asfalto minimiza adicionalmente los costes totales de manera significativa.

Sin embargo, los gastos de mantenimiento también son sumamente bajos, ya que las capas de material estabilizado con betún no tienden a producir grietas, como las que se conocen del comportamiento de envejecimiento de las capas de asfalto comunes. La ventaja decisiva consiste en que, en caso requerido, solo se tiene que renovar la delgada capa superior de asfalto. De esta manera, se suprime la costosa sustitución de todo el paquete de asfalto.

Debido a las ventajas que ofrece este tipo de construcción y a las extraordinarias propiedades del material, son cada vez más los proyectos de asociaciones público-privadas (Public-Private Partnership, PPP) en los que se utiliza el material estabilizado con betún.

1 |





2-3 | Aglomerado de asfalto, tratado de forma homogénea, detrás de la recicladora en frío.



AC = capa superior de asfalto  
 BSM = material estabilizado con betún  
 CBR = relación de la capacidad de carga  
 ESAL = carga por eje estándar equivalente (= 8,16 t)

# Amplio campo de aplicaciones de una sola mano

20  
21



1 | *Reciclaje en frío in situ con la recicladora en frío W 240 CRi y regla de extendido integrada.*

## REUTILIZACIÓN AL 100 %

Gracias a sus numerosas ventajas, el betún espumado ocupa un lugar muy importante entre los ligantes. El asfalto granulado se puede reciclar en su totalidad con betún espumado, independientemente de su temperatura.

El tratamiento sin calentamiento de los materiales de partida ofrece un enorme potencial de ahorro de CO<sub>2</sub>.

La adición de cantidades muy pequeñas de tan sólo un 1,5 % al 2,5 % de la cantidad total solo ocasiona unos costes mínimos. El betún para obras viales es un material disponible a nivel mundial y se puede utilizar directamente y sin necesidad de un tratamiento adicional. El material mezclado con betún espumado se puede extender y compactar en el acto y la carretera se puede abrir al tráfico fluido de inmediato, con lo que los tiempos de construcción y de obstaculización del tráfico resultan mínimos.



2 |



2 | El procedimiento es extremadamente rápido: las capas recicladas están disponibles para el tráfico fluido después de un breve periodo de construcción.

3 | El betón está disponible en todo el mundo y se transforma en espuma a una temperatura de unos 175 °C para después integrarlo en el proceso de mezcla.



**1** | El intercambio de experiencias durante una visita al lugar de obras, también con el personal de las autoridades competentes en materia de construcción, convence.

**2** | WIRTGEN suministra el equipamiento de laboratorio completo.

**3** | Nuestras ponencias, nuestras presentaciones prácticas y nuestros artículos en revistas especializadas dan a conocer el betún espumado en todo el mundo.

**4** | Los documentos redactados por expertos y traducidos a varios idiomas proporcionan amplia información sobre las aplicaciones.

## Apoyo profesional de principio a fin

### WIRTGEN, EL PIONERO DE LA TECNOLOGÍA

Nos consideramos especialistas innovadores en el campo de tecnología eficiente para el reciclaje en frío. Por esta razón, además de las máquinas correspondientes, ofrecemos a nuestros clientes una amplia gama adicional de prestaciones. Impulsamos el desarrollo de productos nuevos en estrecha colaboración con los usuarios. Facilitamos estas experiencias a los expertos, de manera que nuestros clientes se beneficien de nuevos mercados que están por abrirse. Otro de nuestros puntos fuertes más importantes es nuestro

asesoramiento técnico de proyectos y grupos destinatarios específicos, que en cada caso constituye la receta para el éxito hecha a medida y conduce a la solución más económica posible.

La red global de servicio de WIRTGEN con sus sociedades de ventas y servicios respaldan a los clientes de manera profesional. Los conocimientos tecnológicos de los empleados sobre el betún espumado se mantienen continuamente a un alto nivel, tanto en teoría como en la práctica, mediante cursos de formación regulares.



5 | Los entrenadores con mucha experiencia práctica instruyen al personal de servicio de todo el mundo y lo acompañan en los trabajos.

6 | Los expertos de WIRTGEN ofrecen ayuda en el lugar de obras de forma individual y orientada a la práctica.



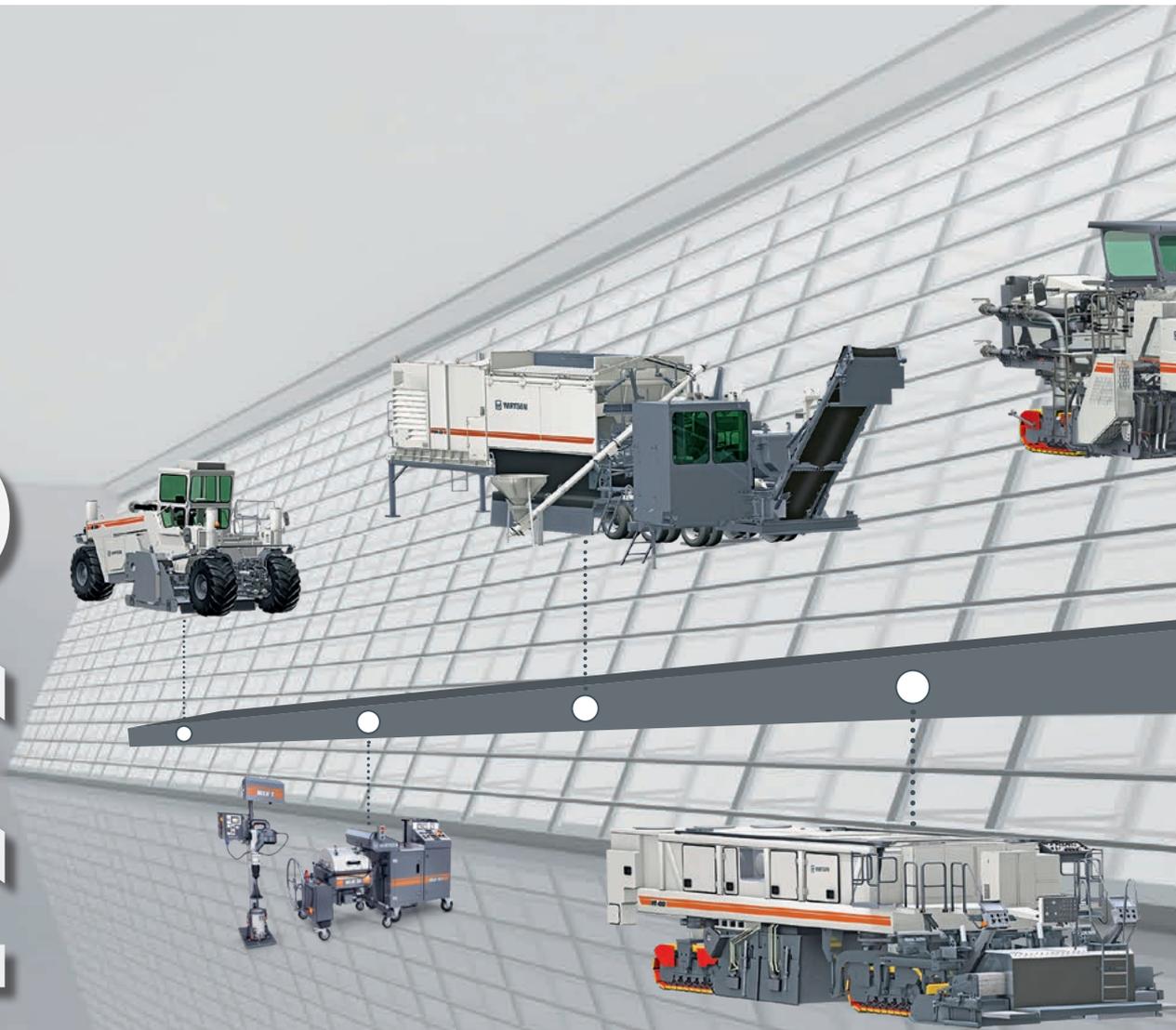
# Historia de la tecnología del betún espumado

## WIRTGEN ES EL PIONERO DEL BETÓN ESPUMADO

En el año 1956, el Prof. Dr. Ladis Csanyi de la Iowa State University (EE. UU.) fue el primero en darse cuenta de la posibilidad de utilizar betún espumado como ligante. Más tarde, Mobil Oil perfeccionó esta tecnología, desarrollando la primera cámara de expansión, en la que mezcló agua y betún para producir espuma. Desde los años 90, WIRTGEN es la empresa del ramo que más trabaja con este ligante innovador. La introducción del sistema en las recicladoras de WIRTGEN en el año 1995 despertó definitivamente el interés de los expertos.

La WR 2500 fue la primera máquina dotada de dicho sistema. En 1997, WIRTGEN desarrolló, además, el equipo de laboratorio WLB 10 para la producción de betún espumado en el laboratorio de materiales de construcción. Mientras tanto, están en uso en todo el mundo más de 300 equipos de laboratorio en compañías de construcciones, laboratorios de materiales de construcción, institutos, universidades y oficinas de ingeniería. Hoy en día, WIRTGEN ofrece a sus clientes una flota moderna de recicladoras en frío con tecnología de betún espumado para el tratamiento en planta o la reparación in situ.

# 1995





# Betún espumado y su uso en todo el mundo

26  
27



## UN PROCESO ESTABLECIDO A NIVEL INTERNACIONAL

El éxito y la aprobación en más de 90 países, a lo largo de casi todas las zonas climáticas, son la mejor prueba de la gran aceptación del betún espumado como ligante. Este procedimiento se aplica preferentemente en todos aquellos lugares, en los que las estructuras de carreteras tienen que resistir elevadas cargas causadas por el tráfico rodado y donde se requiere un método de construcción particularmente económico y sostenible.

La tecnología de betún espumado ofrece una solución orientada al futuro y se emplea tanto para la reparación de estructuras como para la construcción de carreteras nuevas.

Los aglomerados con betún espumado conforman un material de construcción que satisface las más elevadas exigencias. La utilización de este material de construcción innovador, independientemente de las condiciones climáticas y con máxima carga del tráfico, ha demostrado su eficacia: actualmente hay más de 2500 máquinas de la amplia gama de productos de reciclaje de WIRTGEN trabajando en todo el mundo.





**¡EN NUMEROSOS PAÍSES  
DE LOS CINCO CONTINENTES  
SE HAN RECICLADO YA MÁS  
DE CIENTO MILLONES DE METROS  
CUADRADOS CON BETÓN  
ESPUMADO!**



WIRTGEN GmbH  
Reinhard-Wirtgen-Str. 2 · 53578 Windhagen · Alemania  
Tel.: +49 (0)26 45/131-0 · Fax: +49 (0)26 45/131-392  
Internet: [www.wirtgen.com](http://www.wirtgen.com) · E-Mail: [info@wirtgen.com](mailto:info@wirtgen.com)

