

1

Reducción de emisiones de maquinaria de construcción

Aspectos sanitarios / Problemas derivados de las inmisiones

CALAC+

30.06.2020 | Webinar

Dipl. -Ing. Volker Hensel

Managing Director aurigna consulting | Germany
CEO VERT Association | Switzerland

Agenda

- Efectos de la contaminación atmosférica en las ciudades sobre la salud
- Desarrollo de la legislación en EE. UU. y la UE
- Motivación para empezar a usar maquinaria de construcción de bajas emisiones

Agenda

- Efectos de la contaminación atmosférica en las ciudades sobre la salud
- Desarrollo de la legislación en EE. UU. y la UE
- Motivación para empezar a usar maquinaria de construcción de bajas emisiones



Contaminación atmosférica | Un desafío cada vez mayor

- Aumento de la población
- Necesidad creciente de movilidad
- Incremento de las emisiones totales
- Ciudades congestionadas
- **Las mejores tecnologías disponibles (BAT) de filtrado son la única alternativa**

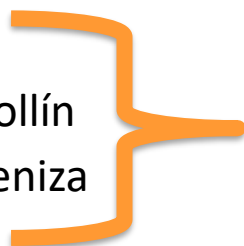
Introducción | Sustancias de escape de diésel

- **Partículas sólidas**
 - Partículas de hollín
 - Partículas de ceniza
- **Gotas líquidas**
- **Gases**
 - O₂, HC, NO, NO₂
 - HAP, nitro-HAP
- **Múltiples oligoelementos**



Introducción | Sustancias de escape de diésel

- **Partículas sólidas**
 - Partículas de hollín
 - Partículas de ceniza
- **Gotas líquidas**
- **Gases**
 - O₂, HC, NO, NO₂
 - HAP, nitro-HAP
- Múltiples **oligoelementos**



- Muy pequeñas: 20-500 nm
- Superficie elevada: > 100 m²/g
- Transportan agentes tóxicos que se quedan en el organismo
- Cancerígenas
- De color negro | intensifican el calentamiento global

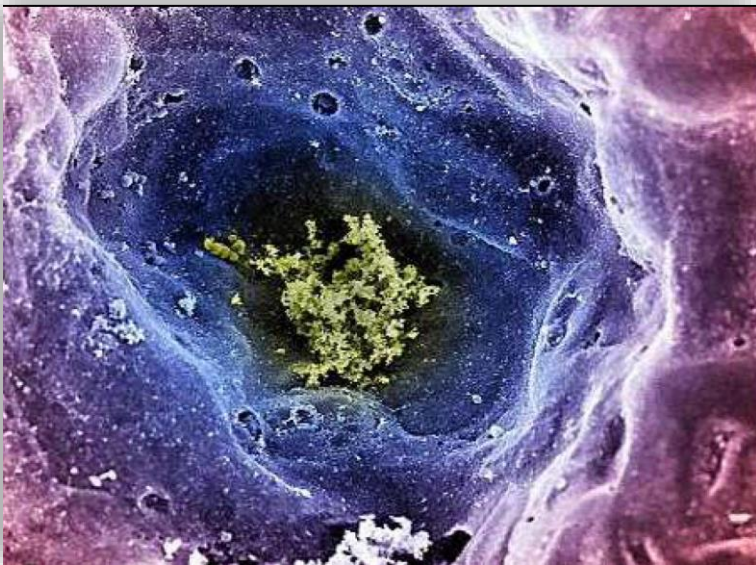
Aerosoles tóxicos con un largo ciclo de vida (perduran meses o, incluso, años)

Los resultados de diversos estudios llevaron a la OMS a calificar, en 2012, estas partículas como carcinógenos (clase 1, al igual que los asbestos)

Efectos de la contaminación

El problema

Partículas ultrafinas de los motores de combustión



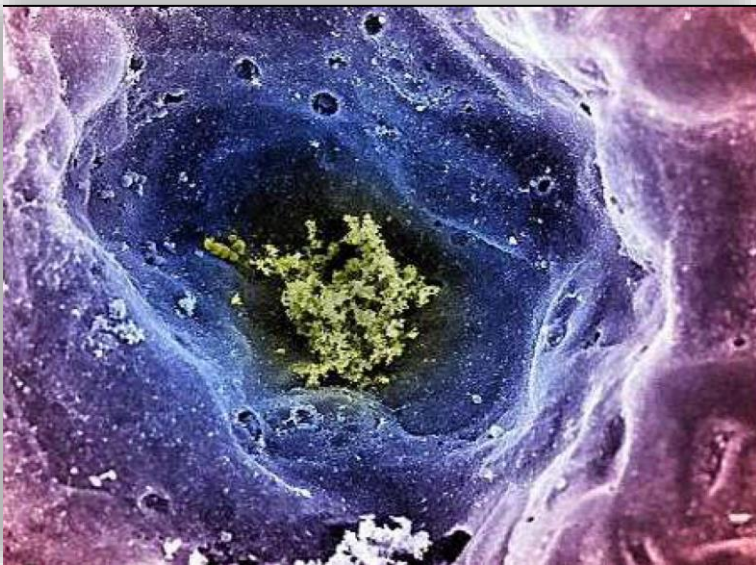
Partículas de hollín en la profundidad del pulmón
Lennart Nilsson 2004

- **> 10 000 personas fallecen a diario** en todo el mundo
 - Un 35 % por **infartos**
 - Un 45 % por **derrames cerebrales**
 - Un 15 % por **cáncer**
- En el caso de los agentes cancerígenos, **no existen dosis inofensivas**
- Desde el 2012, la **OMS considera el hollín de diésel como carcinógeno de clase 1**, tal y como ocurre con los asbestos

Efectos de la contaminación

El problema

Partículas ultrafinas de los motores de combustión



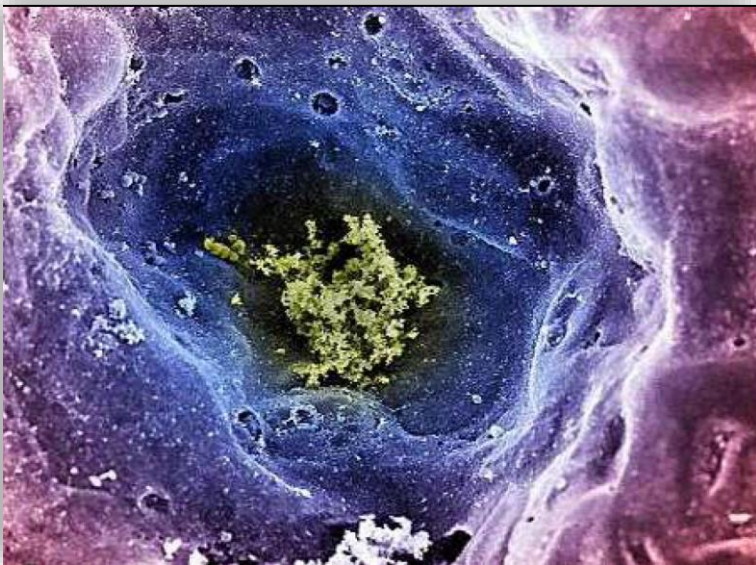
Partículas de hollín en la profundidad del pulmón
Lennart Nilsson 2004

- **El tamaño de las partículas** es un parámetro crucial
- Las partículas de los motores de combustión son **100 veces más pequeñas** (entre $0.1 \mu\text{m}$ y 100 nm aprox.)
- Pueden **introducirse fácilmente en el flujo sanguíneo desde los pulmones** y acceder, así, al cerebro y la placenta
- Transportan **otras sustancias perjudiciales**, que permanecen en el organismo

Efectos de la contaminación

El problema

Partículas ultrafinas de los motores de combustión



Partículas de hollín en la profundidad del pulmón
Lennart Nilsson 2004

- **La eficacia de las nuevas tecnologías es solamente gradual**
- **La renovación de la flota** tiene lugar tras **15-20 años** y, a veces, requiere incluso más tiempo
- **El reacondicionamiento con filtros DPF** se ha vuelto, por ello, fundamental y, **desde 1994**, esta solución ha sido implementada con éxito en numerosas ciudades europeas

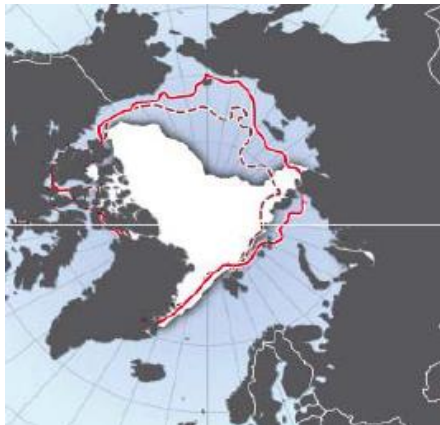
Efectos de la contaminación

Declaraciones de la OMS y la OECD

- La OMS estima que **3.7 millones** de personas murieron en 2012 a causa de la contaminación atmosférica
- A partir de 2060, la contaminación del aire provocará entre **6 y 9 millones** de muertes prematuras cada año
- El equivalente a una muerte cada **4 o 5** segundos

Efectos de la contaminación | Calentamiento global

Warming Effect of Black Carbon Aerosols



- **Consecuencia directa ->**
después del dióxido de carbono y el metano, el hollín se considera el tercer factor que más influye en el cambio climático ¹⁾
- **Consecuencia indirecta ->**
El hollín situado sobre superficies de nieve o hielo acelera el deshielo debido a la reducción del albedo

Efectos de la contaminación | Calentamiento global

Warming Effect of Black Carbon Aerosols

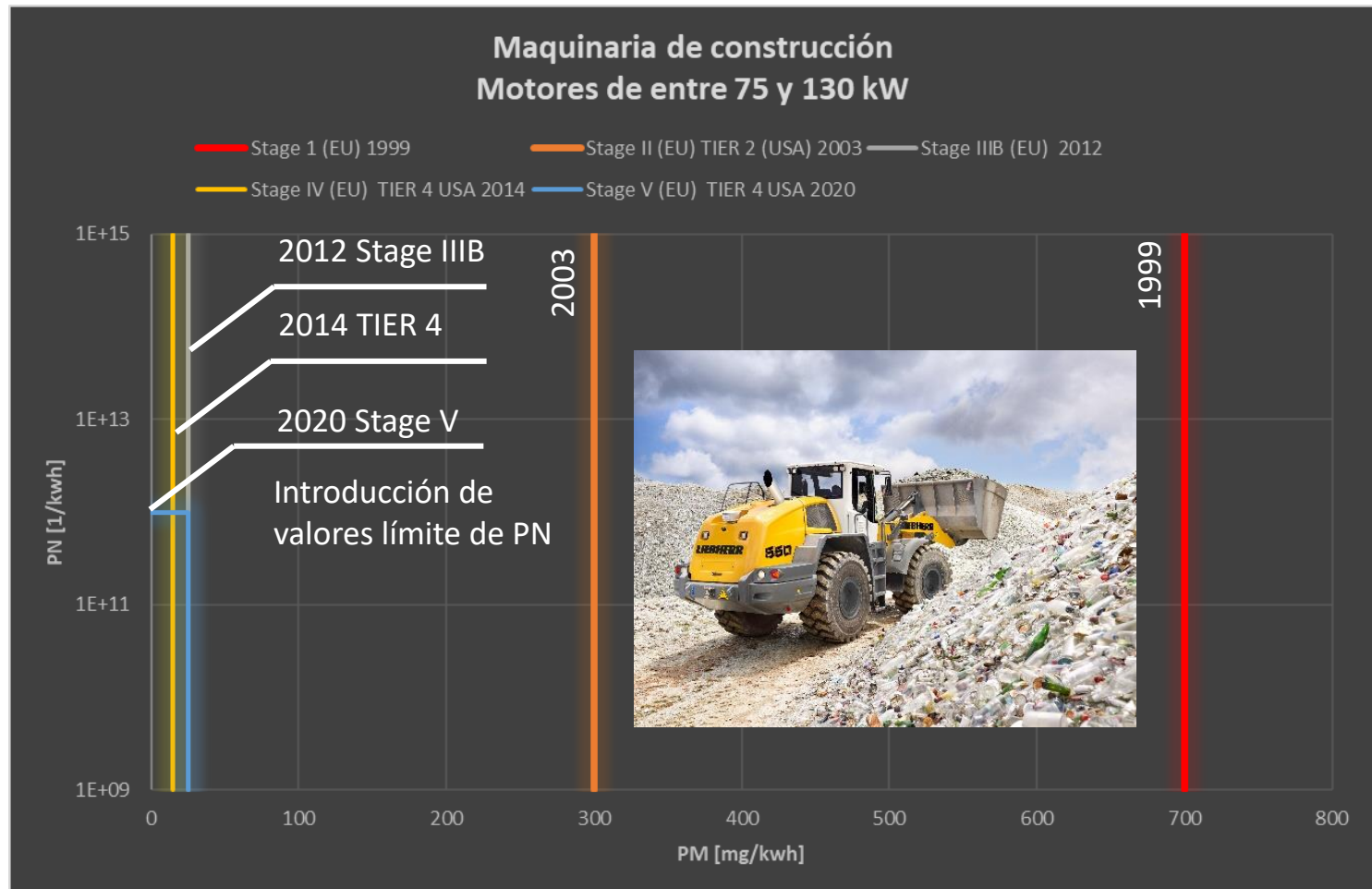


- **Consecuencia directa ->**
después del dióxido de carbono y el metano, el hollín se considera el tercer factor que más influye en el cambio climático ¹⁾
- **Consecuencia indirecta ->**
El hollín situado sobre superficies de nieve o hielo acelera el deshielo debido a la reducción del albedo

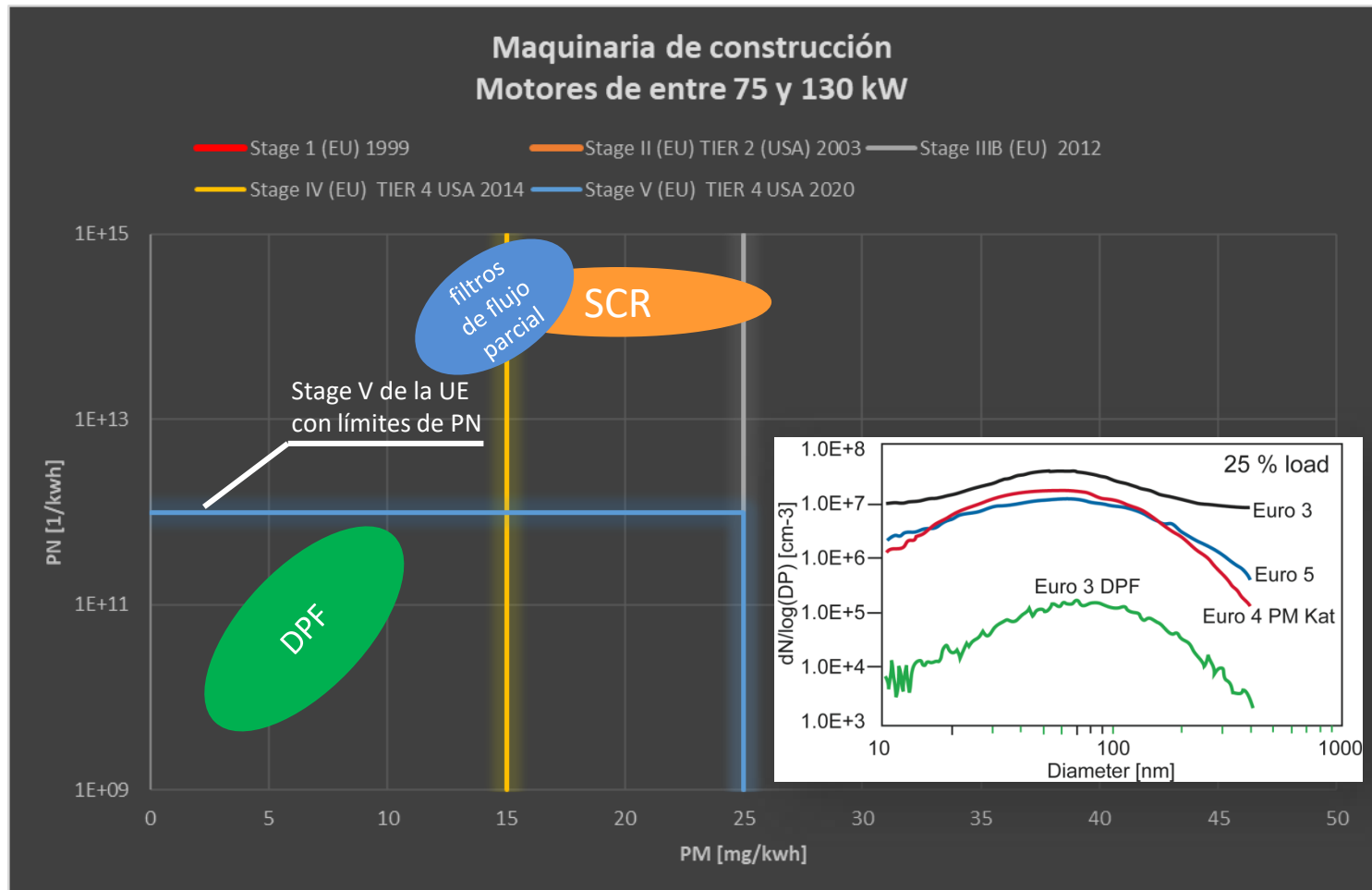
Agenda

- Efectos de la contaminación atmosférica en las ciudades sobre la salud
- Desarrollo de la legislación en EE. UU. y la UE
- Motivación para empezar a usar maquinaria de construcción de bajas emisiones

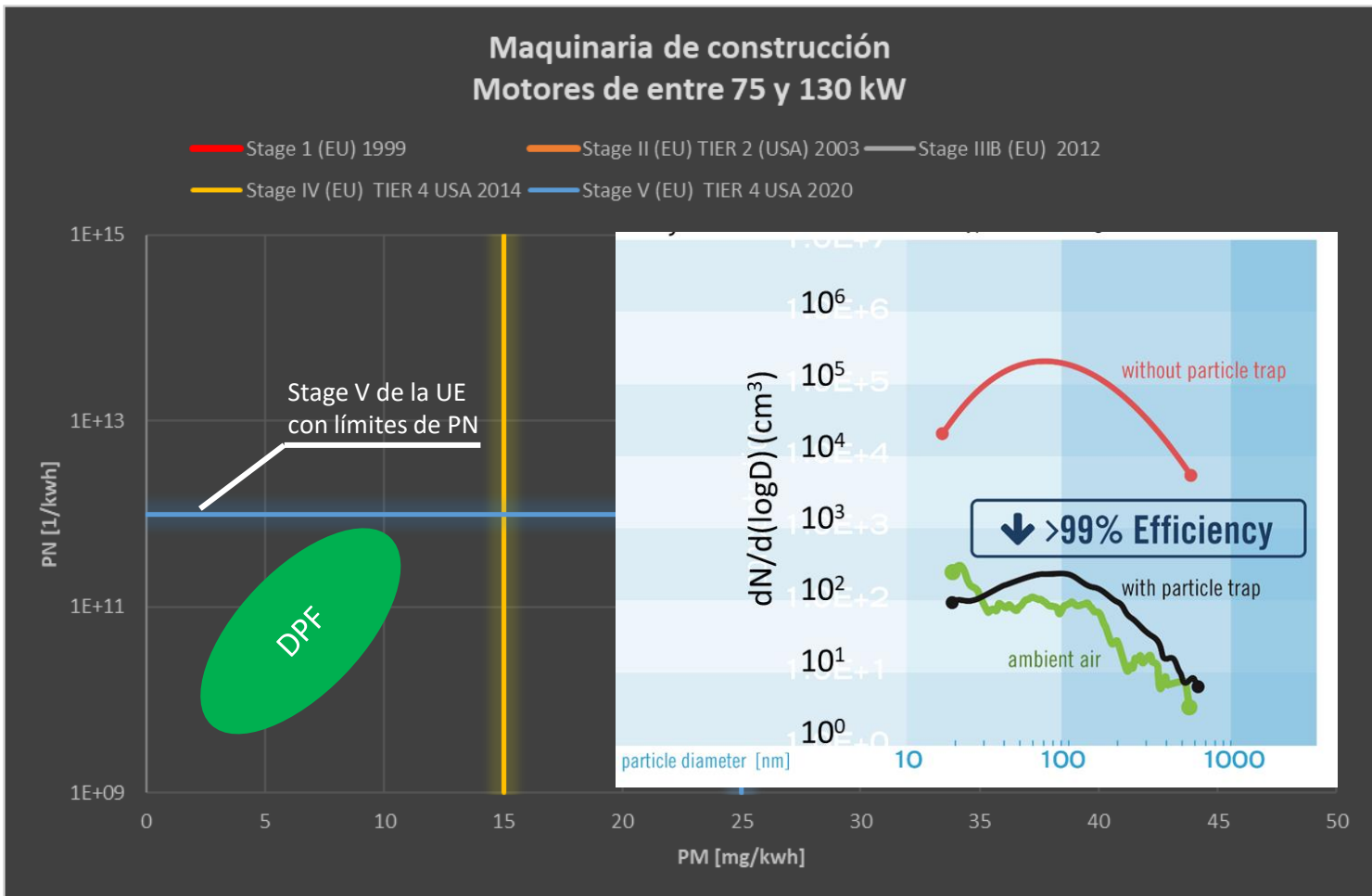
Desarrollo de la legislación en EE. UU. y la UE



Desarrollo de la legislación en EE. UU. y la UE

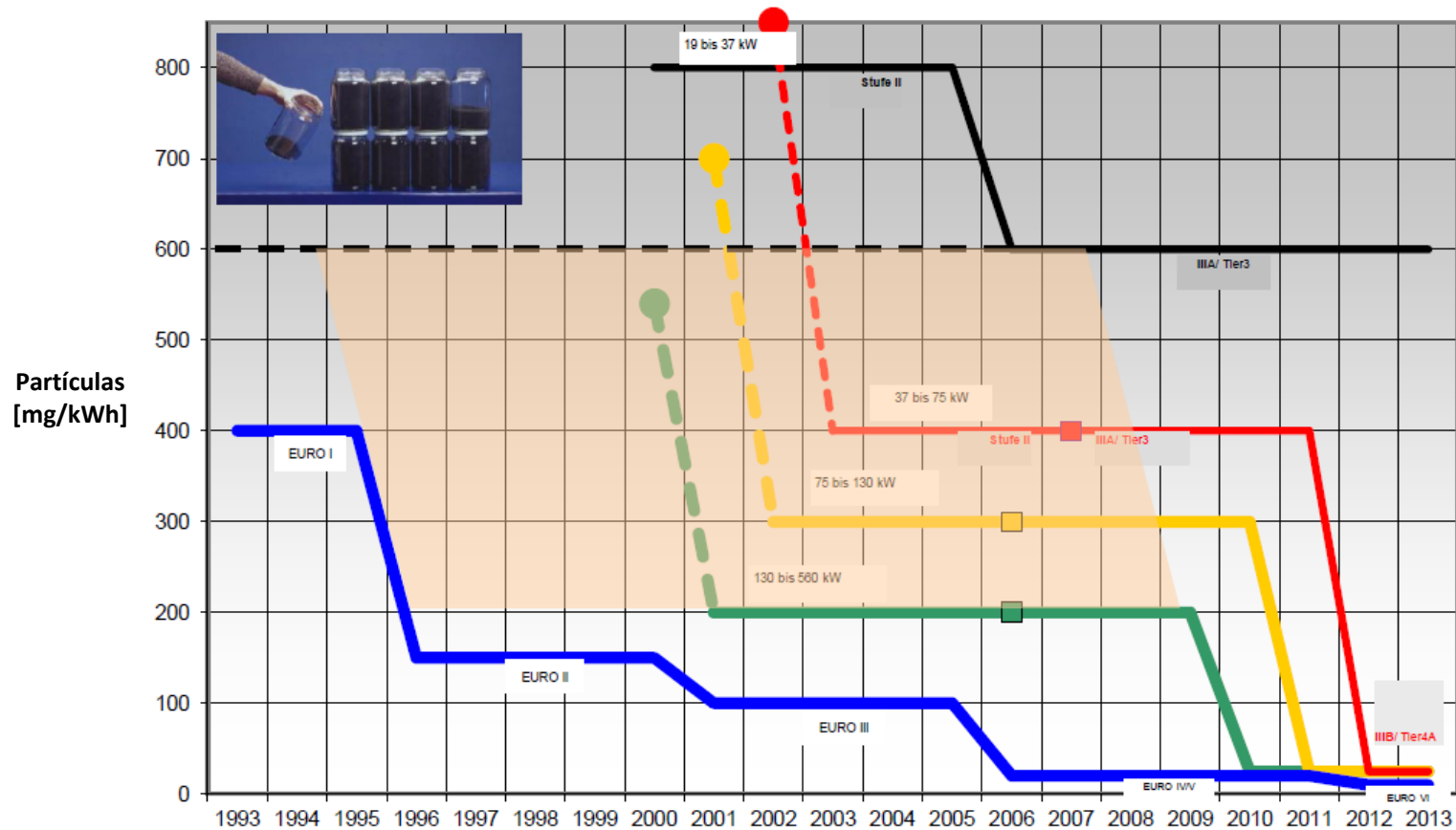


Desarrollo de la legislación en EE. UU. y la UE



Maquinaria de construcción frente a vehículos

Estándares de PM para nueva matriculación



Agenda

- Efectos de la contaminación atmosférica en las ciudades sobre la salud
- Desarrollo de la legislación en EE. UU. y la UE
- **Motivación para empezar a usar maquinaria de construcción de bajas emisiones**

Motivación para empezar a usar maquinaria de construcción de bajas emisiones

- Casi toda la maquinaria de construcción funciona con tecnología diésel: **el claro impacto negativo** de las partículas de hollín de los motores diésel **es irrefutable desde el punto de vista científico**
- Situación de partida en Berlín:
 - ¡Emisiones de partículas de hollín de maquinaria de construcción tan elevadas como las procedentes del tráfico!
 - Alto grado de exposición en determinados emplazamientos, p. ej. para operadores, trabajadores y residentes locales

Motivación para empezar a usar maquinaria de construcción de bajas emisiones

La solución

Los filtros de partículas (DPF) remueven partículas ultrafinas



- La **filtración** es la única forma de remover hollín altamente tóxico
- También elimina de manera muy eficiente partículas de óxido de metal altamente tóxicas (fuentes de abrasión y lubricante) de los gases de escape
- **Cuidado:** no todos los filtros son aptos
- Algunos filtros de mala calidad generan sustancias tóxicas adicionales

Motivación para empezar a usar maquinaria de construcción de bajas emisiones

La solución

Los filtros de partículas (DPF) remueven partículas ultrafinas



- Con un buen filtro, **el nivel de eficiencia de remoción de partículas supera siempre el 98 %**, para partículas cuyo tamaño se halla en el rango crítico de 10 nm - 500 nm
- Estos filtros de partículas se pueden utilizar para todas las aplicaciones **de los motores de combustión** (maquinaria móvil no de carretera y de carretera)
- **Diésel y gasolina**

Motivación para empezar a usar maquinaria de construcción de bajas emisiones

La solución

Los filtros de partículas (DPF) remueven partículas ultrafinas



- A día de hoy, **más de 100 millones de filtros** están instalados en vehículos y máquinas de carretera
- Los beneficios para la salud, en términos económicos, son, al menos, **10 veces mayores que los costos de reacondicionamiento**
- Según la Agencia de Protección Medioambiental estadounidense (EPA), **la relación costo-beneficio es de 13:1 actualmente**

Reducción de emisiones de maquinaria de construcción

Antecedentes del reacondicionamiento de la maquinaria de construcción / Programa de reacondicionamiento de Berlin

Agenda

- El reacondicionamiento de la maquinaria de construcción como historia de éxito
- Buenas prácticas en Berlín
- Criterios decisivos para incorporar con éxito este tipo de maquinaria

Agenda

- El reacondicionamiento de la maquinaria de construcción como historia de éxito
- Buenas prácticas en Berlín
- Criterios decisivos para incorporar con éxito este tipo de maquinaria

Túnel de San Gotardo (limpio)

- En 1993 comienza la planificación del proyecto de construcción del túnel más largo del mundo
- El Fondo Suizo de Seguros contra Accidentes (SUVA) estableció un nivel máximo de concentración permitida de $100 \mu\text{m}/\text{m}^3$
- Los cálculos de A. Meyer muestran que se necesitaría un valor 50 veces mayor al de $4 \text{ m}^3/\text{kW}$, fijado por ley
- El SUVA funda un consorcio para resolver el problema en un plazo de 3 años, con A. Mayer como director del proyecto
- **Petición del SUVA: reducción de las partículas insolubles del rango de tamaño de 10-500 nm por un factor de 100**



Túnel de San Gotardo (limpio)

- Tecnología de medición de partículas de VERT
 - Superficie
 - Tamaño
 - EC/OC (carbono elemental y orgánico)
 - Número de partículas (PN)
PN 10 - 500 nm – 60 clases
 - PM – (ya no es un método apropiado de medición)
 - 200 sustancias gaseosas tóxicas: HAP, nitro-HAP, dioxinas, furanos
- **Resultado: PN = criterio decisivo
10 000 veces más sensible que la
masa**
- Nuevos dispositivos de medición
- Nuevos conceptos de filtros
- Nuevos estándares SN 277206

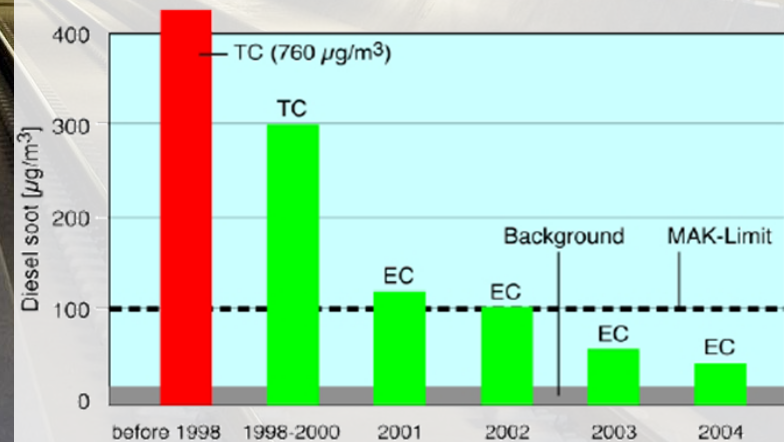


Túnel de San Gotardo (limpio)

- **SUVA: Calidad del aire en túnel (1998-2004)**
- Resultados impresionantes
 - El filtro redujo un 99.99 % de las partículas
 - Reducción de la carga de carbono elemental por un factor de 20 después de la implementación de la tecnología DPF
- Desde 2002, todas las máquinas de combustión diésel tienen que tener instalado un filtro en Suiza
- Científicos como Gehr, Rothen *et al.* están investigando cuál es la evidencia biológica; Peters y otros exigen que se controle el PN también en el aire ambiente



SUVA: Calidad del aire en túnel (1998-2004)



Introducción en el mercado tras la experiencia de Suiza

- **Más de 50 000 filtros DPF instalados en máquinas de construcción en Suiza**
- En el año 2000, se lanza el **Programa de Medición de Partículas (PMP)** en el marco de la UNECE (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa)
- En 2006, la Unión Europea invita a A. Mayer (VERT) a las deliberaciones sobre la normativa **Euro 6 y los límites de PN** basados en las Mejores Tecnologías Disponibles
- Entre 2011 y 2014, la **normativa Euro 6 pasa a ser obligatoria para todos los vehículos diésel** (vehículos pesados y ligeros)

Agenda

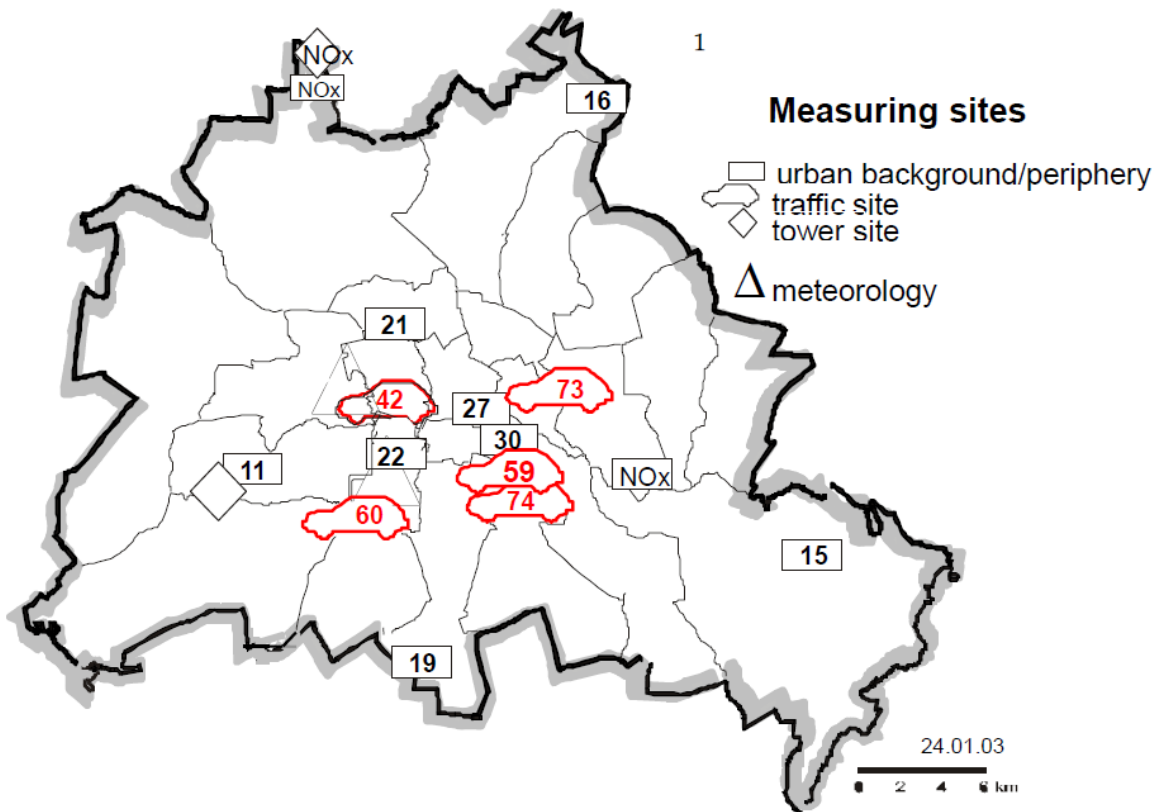
- El reacondicionamiento de la maquinaria de construcción como historia de éxito
- Buenas prácticas en Berlín
- Criterios decisivos para incorporar con éxito este tipo de maquinaria

Objetivos y antecedentes

- **Berlín, capital alemana: lanzamiento del “Clean Air Plan 2011-2017”**
- Una parte de este plan => introducción de un programa de maquinaria de construcción de bajas emisiones

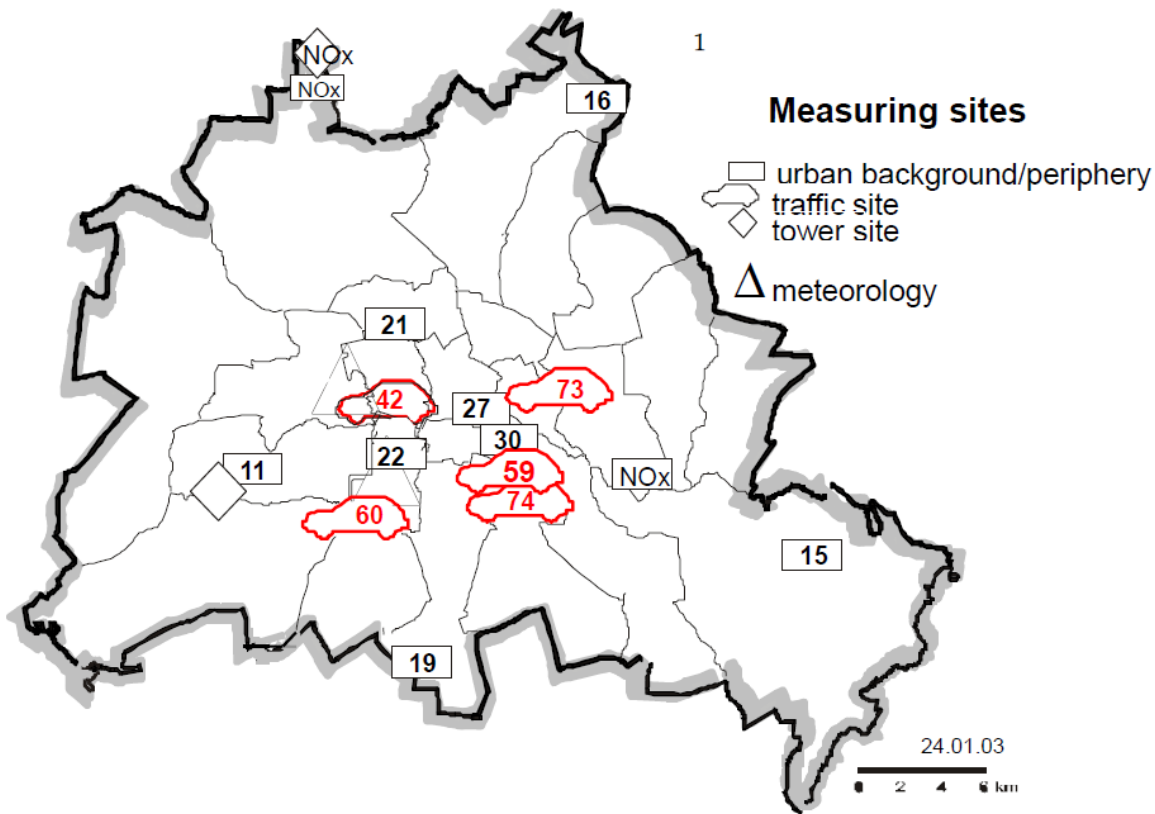


Buenas prácticas en Berlín



- **Área centro: 88 km²**
(Superficie total de Berlín: 892 km²)
- **Habitantes:**
1 millón en el centro
(Total de Berlín: 3.4 millones)

Buenas prácticas en Berlín



- **Red de vigilancia de la calidad del aire**

La situación en 2005:
Número de días por encima de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10

Buenas prácticas en Berlín



- Criterios de las LEZ de Berlín
- Desde el 1.1.2008
- Vehículos diésel:
Como mínimo nivel Euro 2 o Euro 1 + filtro DPF

Buenas prácticas en Berlín



- Criterios de las LEZ de Berlín
- Desde el 1.1.2010
- Vehículos diésel:
Como mínimo nivel Euro 4
o Euro 3 + filtro DPF

Establecimiento de zonas ecológicas en Berlín

- Aprox. **15 000 vehículos** pesados tuvieron que ser reacondicionados con filtros entre 2009 y 2012
- Las emisiones de partículas de los vehículos pesados se **redujo en un 40 %**
- No se incluyó la maquinaria de construcción
- Resolución para que la **utilización de maquinaria de construcción de bajas emisiones** pasase a ser obligatoria
- Las autoridades **decidieron modificar las normas** sobre contratación pública

Carga para la salud pública: comparación entre el tráfico y la maquinaria

Tráfico



Zona de obras



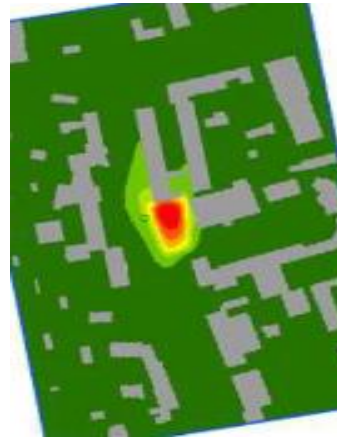
- + 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ más de polvo fino en el promedio anual
- + 10 días en los que se excede el límite para 24 h preestablecido por la Comisión Europea

Carga para la salud pública: comparación entre el tráfico y la maquinaria

Tráfico



Zona de obras



- Efectos en las áreas colindantes de una zona de obras con cinco máquinas que cumplen las condiciones del Stage II y operan desde las 8 a. m. hasta las 4 p. m.

Carga para la salud pública: comparación entre el tráfico y la maquinaria

Tráfico



Zona de obras



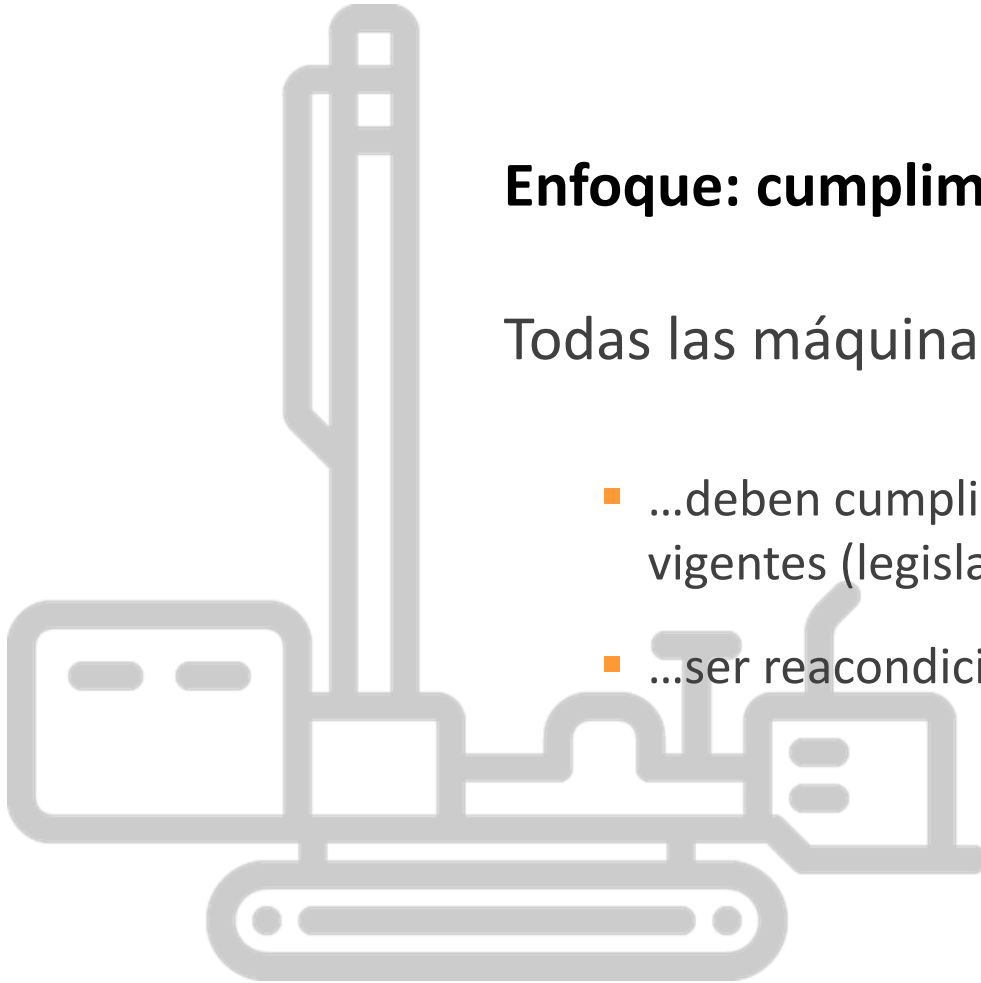
- Efectos en las áreas colindantes de una zona de obras con cinco máquinas que cumplen las condiciones del Stage II y operan desde las 8 a. m. hasta las 4 p. m.
- Comparados con los de aprox. 46 500 vehículos al día (entre ellos, 1800 camiones y autobuses)

La ciudad de Berlín optó por tomar medidas

Enfoque: cumplimiento o reacondicionamiento

Todas las máquinas de construcción...

- ...deben cumplir los estándares de gases de escape vigentes (legislación de la UE) o
- ...ser reacondicionados con filtros de partículas diésel



Etiquetas para maquinaria de construcción



- En Berlín, se permite el uso de **maquinaria de construcción** etiquetada con cualquiera de estas certificaciones para zonas de obras públicas
- Todas las máquinas fabricadas a partir del 2019/2020 estarán equipadas, conforme **al Stage V**, con un filtro DPF para cumplir con el límite europeo de número de partículas
- El uso de motores con **velocidad constante únicamente** está permitido con un filtro DPF integrado – etiqueta gris o azul

Ejemplos de etiquetas



Talleres para operadores e inspectores

- **Taller y curso de formación** para operadores y propietarios de maquinaria de construcción
- **Taller y curso de formación para inspectores**
1ª inspección presencial
- **Dos folletos** que describen los resultados del taller y contribuyen a preservar la idea del proyecto: transformación sustentable también en nuestra manera de pensar



aurigna
consulting

Senatsverwaltung
für Stadtentwicklung
und Umwelt

berlin
Berlin

Termin 08.12.2016 | 10:00 - 13:00 Uhr
Optional: Baustellen-Begabung von 14:30 - 16:00 Uhr

Fachveranstaltung in Berlin
Neue Mindeststandards und
Partikelfilternachrüstung für Baumaschinen
im Hoch- und Tiefbau im Rahmen
öffentlicher Aufträge in Berlin



berlinbaut

aurigna
consulting

Senatsverwaltung
für Stadtentwicklung
und Umwelt

berlin
Berlin

07.12.2016 | 14:00 - 17:00 Uhr

Fachveranstaltung in Berlin
Partikelfilternachrüstung und Umweltstandards
für Baumaschinen im Hoch- und Tiefbau im
Rahmen öffentlicher Aufträge

Etiquetas para maquinaria de construcción



- ≈ 1000 etiquetas – IIIA o IIIB dependiendo de la potencia del motor



- ≈ 900 etiquetas – Stage IV sin filtro



- ≈ 1400 etiquetas – filtros cerrados, ajustados o reacondicionados



- A partir de 2019, la maquinaria de nueva fabricación tendrá que cumplir los criterios correspondientes al Stage V y los límites de PN -> solo filtros DPF cerrados

Resultado de las encuestas en las zonas de construcción

- **Toma de conciencia** en todos los niveles
Fabricantes y propietarios de maquinaria,
operadores, inspectores, etc.
- **Reducción considerable de las emisiones:** hasta más de un 99.9 %
- La mayoría de las máquinas equipadas con filtros DPF **no presentan problemas técnicos**



Agenda

- El reacondicionamiento de la maquinaria de construcción como historia de éxito
- Buenas prácticas en Berlín
- Criterios decisivos para incorporar con éxito este tipo de maquinaria

Plan de actuación: visión de conjunto



- Nuevas regulaciones relativas al aprovisionamiento en el ámbito de la contratación pública
- Proyecto de asesoría **de 2014 a 2017**
- Amplios debates entre las partes interesadas (p. ej. propietarios, fabricantes de maquinaria de construcción, cámaras de industria y comercio, etc.) = tareas de sensibilización
- **Sistema de certificación** mediante el etiquetado de las máquinas
- Talleres y cursos de formación para operadores de maquinaria, inspectores, etc.
- Inventarios de seguimiento y controles aleatorios

Filtros certificados

Requisitos de certificación de VERT:

- Filtración de más del 98 % de las partículas de 10 nm - 500 nm
- No produce emisiones secundarias
- Nivel de contrapresión de menos de 50 mbar en equipos nuevos
- Nivel máximo de contrapresión: < 200 mbar
- Ensayo de fatiga: 2000 h sin mostrar signos de deterioro
- Sistema de diagnóstico a bordo OBD integrado

Véase la lista de filtros de VERT: www.vert-certification.eu



Soporte para empresas constructoras

- Guía de reacondicionamiento de maquinaria de construcción
- Asistencia telefónica para empresas de Berlín
- Página web del proyecto
- Información sobre talleres y cursos de formación

La guía oficial se puede descargar como PDF en el siguiente enlace (en alemán):

www.berlin.de/baumaschinen-partikelfilter



Criterios decisivos para incorporar con éxito este tipo de maquinaria

- Implicación de todas las partes interesadas: operadores y fabricantes de maquinaria, administración, organizaciones, asociaciones profesionales, etc.
- Ofrecer la oportunidad de plantear preguntas y expresar posibles motivos de preocupación
- Participación de asesores profesionales
- Control consecuente y sanciones en caso de incumplimiento de las reglas
- Creación de una instancia oficial que ofrezca soporte (también *in situ*)
- Medición cuantitativa de los logros alcanzados

Reducción de emisiones de maquinaria de construcción

Ronda de preguntas