

Caso de estudio: evaluación de una instalación con ventiladores de chorro (aceleradores)

Se sabe que cuando se instalan ventiladores de chorro (aceleradores), ubicados demasiado cerca de la clave o en un nicho, existe una reducción considerable en el empuje, pudiendo llegar a ser hasta de un 30%.

La instalación de aceleradores con difusores inclinados ha permitido lograr una mejora importante en el empuje total obtenido en el interior del túnel.

En general, aunque la potencia absorbida por un solo acelerador podría incrementarse ligeramente y así influir de forma parcial los resultados finales, la potencia total instalada se ve reducida porque la cantidad total de aceleradores resultaría menor que la necesaria con aceleradores convencionales (o estándar).



Ilustración 6 - Imagen de los aceleradores con difusores inclinados

A continuación se detalla el impacto de este tipo de ventiladores sobre los tres pilares del desarrollo sostenible.

TABLA 9 - IMPACTO DE LOS NUEVOS ACCELERADORES EN LOS TRES PILARES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE		
Pilar	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Económico	Reducción de los costes de explotación (energía y mantenimiento) Menor inversión inicial (menos ventiladores) Mayor disponibilidad del túnel para el tráfico	Coste de los ventiladores
Social	Sin impacto significativo	
Medioambiental	Reducción del consume energético (reducción de emisión de CO ₂ y de gasto de recursos)	

4.4.5. Purificación del aire

Se debe recordar que las emisiones de un vehículo en un túnel son las mismas que las que emite al aire libre, sin embargo la contaminación se concentra en lugares puntuales (final del túnel, sistema de extracción de aire, etc). Es por esto que los estudios de la extracción de aire viciado se realizan siempre de forma detallada, en particular cuando el túnel se ubica en zona urbana.

En algunos países hay instalados sistemas para el tratamiento de aire viciado, (lista no exhaustiva):

- **En España**, en la Calle-30, dado que se ubica en una zona de alta densidad urbana, se han realizado estudios sobre cómo evitar que los humos lleguen a los ciudadanos. Por ello, se han colocado estaciones de filtrado de aire en los pozos de ventilación de los túneles. Hay dos tipos de filtros: electrostáticos con precipitador de partículas y filtros de carbón activo para la retención de NO_2 .
- **En Japón**, algunos túneles han sido equipados con silenciadores, precipitadores electrostáticos y sistemas de reducción a baja concentración de NO_2 para minimizar la influencia en el entorno circundante.
- **En Italia**, en Sottopasso de Monza (túnel bitubo de 2.000 m) entre Milán y Monza, en una carretera urbana de tráfico denso, en Cesena (centro de Italia) y en Pozzano (sur de Italia), se han colocado precipitadores electrostáticos en los sistemas de extracción de aire para minimizar el impacto del aire contaminado sobre la población.
- **En Francia**, la boca de entrada del lado francés al túnel de Mont-Blanc está equipada con precipitadores electrostáticos que filtran las partículas de aire viciado.
- **En Noruega** hay un total de 8 túneles equipados con filtros de partículas mediante precipitadores electrostáticos.
 - Los requisitos medio ambientales en materia de limpieza de partículas, tanto en el interior como en el exterior de los túneles de carretera, han sido motivados fundamentalmente por aspectos políticos.
 - A excepción de dos túneles, (Strømsås and Lærdal), los filtros de partículas utilizados inicialmente eran de primera generación y estuvieron operativos en el periodo 1989-2012. Estaban instalados en el falso techo, en derivación y uno de ellos montado en el pozo de ventilación.
 - Desde un punto de vista práctico, ambiental y económico, los estudios y medidas adoptadas en Noruega relativas a plantas de filtración de primera generación indican que la eficacia de los filtros de partículas (bajo ciertas condiciones) era discutible.
 - El último filtro de partículas se ha cerrado en 2013 debido a la baja eficiencia y a los altos costes que generaba.
 - En cuanto a la utilización de plantas de depuración de alta eficiencia se podría creer que el beneficio sería razonablemente proporcional al coste de inversión y de explotación de la planta. Por el momento, esto no se ha constatado.
 - Los filtros de partículas tienen un consumo energético y costes de explotación muy elevados por lo que esto ha motivado su cierre.



Ilustración 7 - Imagen de los filtros electrostáticos de un sistema de purificación de aire

Como conclusión, los resultados son muy diferentes en cuanto a la purificación del aire de un país a otro. Se debe establecer un equilibrio global entre la eficiencia real y los costes de inversión, de energía y de mantenimiento. El uso de sistemas de purificación de aire en túneles de carretera es relativamente nuevo y el número de instalaciones es muy limitado. Por tanto, la decisión de usar estos sistemas tiene que ser analizada cuidadosamente, teniendo en cuenta varios criterios (coste de inversión, eficiencia, mantenimiento, etc).

Caso de estudio: evaluación de un sistema de supresión de NO y NO₂

La carretera M5 East (Sidney, Australia) de 10 km de longitud, se puso en servicio en diciembre de 2001, con una IMD (intensidad media diaria) de 100.000 vehículos.

En 2007, se inició la construcción de una planta de filtración para evaluar le eficacia de unos filtros durante un periodo de 18 meses en el tubo sentido Oeste de esta carretera.

Los resultados del experimento mostraron que el sistema no era ni muy eficiente ni muy rentable, aunque se vió que podría desarrollarse un sistema más eficiente. En 2014 la planta de filtración se cerró.

Este experimento fue especialmente interesante por el hecho de que su objetivo era mejorar la calidad del aire en el túnel, y, por tanto, el confort de los usuarios (pilar social y medioambiental). En la siguiente tabla se muestra el impacto de este tipo de planta sobre los tres pilares del desarrollo sostenible.

TABLA 10 - IMPACTO DE UNA PLANTA DE FILTRACIÓN SOBRE LOS TRES PILARES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Pilar	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Económico		Inversión, mantenimiento y coste de explotación
Social	Salud humana (menor impacto)	
Medioambiental	Bueno para el medio ambiente pero sin eficiencia real en la eliminación de NO ₂ .	

4.4.6. Tratamiento de efluentes

Los efluentes que se producen en un túnel de carretera provienen de las capas freáticas, recogidas por el sistema de drenaje, o de los líquidos presentes en la carretera (agua de limpieza del túnel, agua de lluvia, o agua proveniente de la nieve fundida en las bocas o traída por los coches, fugas de líquidos transportados o de carburantes) que se captan por el sistema de drenaje del túnel.

Habitualmente, el agua subterránea proveniente del drenaje del túnel puede usarse sin ningún tratamiento para la lucha contra incendios, limpieza e irrigación, o se puede derivar directamente al aljibe.

Los efluentes provenientes de la calzada del túnel que llegan al sistema de captación de aguas contienen contaminantes químicos de diferentes niveles de toxicidad y de inflamabilidad, como por ejemplo: componentes en estado sólido o disueltos, que incluyen materia orgánica así como minerales, metales, hidrocarburos, disolventes, polímeros, gasolina, lubricantes y sal anti-heladas. La eliminación de estos líquidos no debe violar la reglamentación ambiental. Dependiendo del país y del marco normativo, estos líquidos sufren un tratamiento más o menos completo antes de ser vertidos al sistema de evacuación y de alcantarillado en el exterior del túnel.

En lo relativo al sistema de captación de líquidos provenientes de la calzada del túnel, es muy importante evitar los incendios en caso de derrame, instalando para ello dispositivos apropiados como sifones cortafuegos. Con objeto de facilitar el uso del agua subterránea limpia y evitar el tratamiento de aguas que no lo necesitan (mezcla de agua usada con aguas procedentes de la calzada del túnel), por lo general el sistema dedicado al drenaje del agua subterránea procedente del macizo rocoso circundante es totalmente independiente y está separado del sistema de captación de líquidos procedentes de la calzada.

4.4.7. Reciclaje

Algunas partes o algunos componentes de los equipamientos utilizados en las obras subterráneas deben ser sustituidos regularmente, por lo que durante la explotación en condiciones normales se producen desechos (elementos de iluminación, baterías del sistema de alimentación ininterrumpida, filtros del sistema de captación de contaminantes, asfalto de la carretera, etc). Cuando se procede a reciclar estos componentes, el objetivo es reutilizarlos parcial o completamente en la fabricación de nuevos productos.

Por tanto, reciclar es un aspecto importante ya que contribuye a conservar los recursos naturales y a que los materiales reciclados se usen nuevamente, evitando tener que recurrir a nuevos recursos naturales.