

Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para carreteras de peaje

Introducción

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión¹. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en nuevos proyectos e instalaciones, con la

tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas. La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia. En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que el nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

Aplicabilidad

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para carreteras de peaje incluyen información relativa a la construcción, explotación y mantenimiento de grandes proyectos de carreteras pavimentadas, incluidos puentes y pasos elevados

¹ Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

asociados.² En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad se abordan cuestiones asociadas con la construcción y explotación de instalaciones de mantenimiento. Las cuestiones relativas a la extracción de materiales de construcción se presentan en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la extracción de materiales de construcción, mientras que aquellas relacionadas con las áreas de servicios para vehículos se incluyen en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la distribución minorista de derivados del petróleo. Este documento está dividido en las siguientes secciones:

- Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria
- Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño
- Sección 3.0: Referencias y fuentes adicionales
- Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

² Los elementos de estas guías se refieren a proyectos viales de menor escala o a carreteras sin sellar.

1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad asociadas a los proyectos viales, que tienen lugar durante la fase de construcción y explotación, así como recomendaciones para su manejo. En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad se ofrecen recomendaciones para el manejo de las cuestiones de este tipo durante la fase de desmantelamiento.

1.1 Medio ambiente

Las cuestiones ambientales planteadas durante la construcción y explotación de carreteras son similares a las de otros grandes proyectos de infraestructura que requieren movimientos de tierras y obras civiles considerables, y las recomendaciones para su control y prevención se presentan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Estas cuestiones incluyen, entre otras, la generación de residuos en las obras, la erosión del suelo y el control de la sedimentación en zonas de extracción de materiales y en las actividades de preparación de terrenos, el polvo y otras emisiones (por ejemplo, del tráfico de vehículos, del desmonte y movimiento de tierras, y de las pilas de materiales), el ruido procedente de maquinaria pesada y tráfico de camiones, y las posibilidades de que se produzcan derrames de petróleo y materiales peligrosos como consecuencia de las actividades de repostaje de combustible y explotación de maquinaria pesada.

Entre las cuestiones medio ambientales específicas de la construcción y explotación de carreteras se incluyen las siguientes:

- Alteración y fragmentación del hábitat
- Aguas pluviales
- Residuos

- Ruido
- Emisiones al aire
- Aguas residuales

Alteración y fragmentación del hábitat

Tanto durante la construcción de una carretera como durante el mantenimiento del derecho de vía pueden alterarse los hábitats terrestres y acuáticos.

Construcción de carreteras

Las actividades de construcción que acompañan al trazado de carreteras pueden afectar negativamente a los hábitats naturales, dependiendo de las características de la vegetación existente, los rasgos topográficos y las vías fluviales. Entre los ejemplos de alteración del hábitat debido a dichas actividades se incluye la fragmentación de hábitats forestales; pérdida de zonas de anidamiento de especies raras, amenazadas o en peligro de extinción protegidas o de hábitats sensibles o de gran biodiversidad; alteración de los cursos de agua; creación de barreras al movimiento de la fauna y flora; y perturbaciones visuales y auditivas debido a la presencia de maquinaria, obreros de construcción y equipos asociados. Además, los sedimentos y la erosión de las actividades de construcción y la escorrentía de aguas pluviales pueden aumentar la turbidez de las aguas superficiales.

Entre las prácticas para prevenir y controlar los impactos sobre los hábitats terrestres y acuáticos se incluyen las siguientes:

- Emplazar las carreteras y las instalaciones de apoyo de tal forma que se eviten hábitats terrestres y acuáticos críticos (por ejemplo, bosques maduros, humedales y hábitats de desove de peces), utilizando corredores de transporte existentes siempre que sea posible;
- Diseñar y construir accesos para la fauna para evitar o reducir al mínimo la fragmentación de hábitats, teniendo en

cuenta la seguridad de los automovilistas y la prevalencia de las especies existentes. Entre las posibles técnicas aplicables a las especies terrestres pueden encontrarse pasos subterráneos o elevados, extensiones de puentes, viaductos, desagües de mayores dimensiones y cercados. Entre las posibles técnicas para las especies acuáticas se incluyen puentes, vados, alcantarillas tipo bóveda o con el fondo abierto y desagües rectangulares o entubados;³

- Evitar o modificar las actividades de construcción durante la época de cría y otras épocas o momentos del día sensibles para evitar efectos potencialmente negativos;
- Evitar los impactos a corto y largo plazo sobre la calidad de los hábitats acuáticos reduciendo al mínimo el desmonte y alteración de vegetación ribereña; suministrando una protección adecuada contra la erosión y la abrasión; y tomando en consideración el inicio de la estación de lluvias en los calendarios de construcción;⁴
- Reducir al mínimo el desmonte de especies de plantas nativas y replantar las mismas en zonas alteradas;
- Explorar las oportunidades para mejorar los hábitats mediante prácticas como la colocación de ponederos en derechos de vía o casas para murciélagos bajo los puentes, y reducción de la siega para conservar o restaurar especies nativas;⁵
- Manejar las actividades de las obras tal como se describe en los apartados pertinentes de las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad.

³ Más información acerca del diseño de estructuras de cruce y paso para la fauna en «Chapter 3: Designing for Environmental Stewardship in Construction and Maintenance» de Environmental Stewardship Practices, Procedures, and Policies for Highway Construction and Maintenance, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Project 25-25 (04) y Evink, G. (2002).

⁴ Información adicional sobre las técnicas de protección de zonas ribereñas y pantanosas en los Capítulos 3 y 4 de NCHRP Project 25-25 (04) y Nova Scotia Department of Transportation and Public Works Environmental Protection Plan (<http://www.gov.ns.ca/tran/enviroservices>).

⁵ En los Capítulos 3 y 10 de NCHRP Project 25-25 (04) figuran ejemplos de otras estrategias para la restauración de hábitats.

Mantenimiento de derechos de vía⁶

El mantenimiento habitual de la vegetación de los derechos de vía de carreteras es necesario para evitar la interferencia con el desplazamiento de vehículos y el mantenimiento de las carreteras. El crecimiento incontrolado de árboles y plantas puede cubrir señales y carteles, limitar la visibilidad de los automovilistas y provocar caídas en carreteras y en cables aéreos de alta tensión.

El mantenimiento habitual de los derechos de vía para controlar la vegetación puede entrañar el uso de métodos mecánicos (por ejemplo, de siega), manuales (poda manual), o el uso de herbicidas. El mantenimiento de la vegetación más allá de lo que pueda ser necesario por motivos de seguridad puede derivar en la sustitución continua de especies de sucesión y una mayor probabilidad de que se establezcan especies invasivas debido a la eliminación innecesaria de vegetación.

Entre las prácticas para evitar, reducir al mínimo y controlar los impactos derivados del mantenimiento de los derechos de vía se incluyen:

- Implantación de un manejo integrado de la vegetación.
 - Desde el borde de la zona de carretera hasta la linde del derecho de vía, la vegetación se estructura de tal modo que las plantas de menor tamaño estén cerca de la carretera y los árboles de mayor tamaño más lejos para ofrecer hábitats a una amplia variedad de plantas y animales⁷

⁶ Conocido también como «servidumbre» en algunos países, pero denominado «derecho de vía» a efectos de estas guías.

⁷ Puede recurrirse a la siega para controlar el crecimiento de coberturas vegetales, reducir al mínimo la propagación de plantas en la zona de paso y evitar los árboles y arbustos en los derechos de vía. Los herbicidas, combinados con la siega, pueden controlar la propagación de especies de maleza de rápido crecimiento que pueden tener la capacidad de desarrollarse hasta alcanzar alturas superiores a las permitidas en los derechos de vía. El reperfilado y la poda pueden usarse en las lindes de los derechos de vía para mantener el ancho del pasillo y evitar la invasión de las ramas de los árboles. La retirada manual o retirada de vegetación, aunque requieren mucha mano de obra, pueden usarse en las inmediaciones de estructuras, arroyos, cercas y

- Plantar especies nativas y retirar especies de plantas invasivas⁸
- Utilizar medidas de control biológico, mecánico y térmico de la vegetación siempre que sea factible, y evitar el uso de herbicidas químicos.

Un enfoque integrado del manejo de la vegetación puede indicar que el uso de herbicidas es el enfoque preferido para controlar aquella vegetación de rápido crecimiento en los derechos de vía. En este caso, los usuarios (por ejemplo, los propietarios de las carreteras o los contratistas) deben adoptar las siguientes precauciones:

- Formar al personal en la aplicación de herbicidas y asegurarse de que todo el personal cuente con las certificaciones aplicables o formación equivalente cuando no se requieran tales certificaciones;⁹
- Cumplimiento de las restricciones internacionales relativas al uso de plaguicidas;¹⁰
- Utilizar únicamente herbicidas fabricados bajo licencia y registrados y aprobados por la autoridad pertinente y de conformidad con el Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas de la Organización

otras obstrucciones que hagan que el uso de maquinaria sea complicado o peligroso.

⁸ Se pueden usar arbustos nativos densos y espinosos para ayudar a disuadir a los intrusos. Las plantas nativas también pueden ayudar a estabilizar las tierras, reduciendo la erosión. Los residuos procedentes del desmonte de especies invasivas deben eliminarse (por ejemplo, por medio de incineración o de relleno) para evitar la propagación accidental de las malas hierbas a nuevos lugares. Las especies invasivas deben retirarse durante las épocas de floración para evitar la propagación de semillas.

⁹ El documento *Certification of Pesticide Applicators* (40 CFR 171) de la Agencia estadounidense de Protección Ambiental (EPA) contiene ejemplos de programas de certificación, clasifica los plaguicidas entre los «no clasificados» y los de uso «restringido» y exige que los trabajadores que apliquen los no clasificados sean entrenados de acuerdo con las normas de protección para los trabajadores (40 CFR Parte 170) para plaguicidas agrícolas. Asimismo, exige que los plaguicidas de uso restringido sean aplicados por una persona certificada al efecto o en presencia de la misma.

¹⁰ Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (2001).

de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO);¹¹

- Utilizar únicamente herbicidas etiquetados de conformidad con las normas y estándares internacionales, como las Directrices revisadas para el etiquetado correcto de plaguicidas de la FAO;¹²
- Revisar las instrucciones del fabricante sobre las dosis máximas o el tratamiento recomendado, así como los informes publicados sobre la aplicación de una cantidad menor de herbicidas sin que se produzca una pérdida de efecto,¹³ y aplicar la dosis mínima efectiva;
- Aplicar los herbicidas conforme a una serie de criterios (por ejemplo, observación de los terrenos, datos meteorológicos, duración del tratamiento y dosis) y mantener un registro de plaguicidas para recoger dicha información;
- Optar por prácticas y tecnologías de aplicación destinadas a reducir derivas o escorrentías involuntarias;
- Mantener y calibrar los equipos de aplicación de herbicidas de conformidad con las recomendaciones del fabricante;
- Determinar franjas o zonas de protección no tratadas a lo largo de las fuentes de agua, ríos, arroyos, estanques, lagos y acequias para ayudar a proteger los recursos hídricos;
- Deberá evitarse la contaminación de tierras, aguas subterráneas o recursos de agua superficial ocasionada por vertidos accidentales durante la transferencia, mezcla y almacenamiento de herbicidas, siguiendo las prácticas de almacenamiento y manipulación de materiales peligrosos que se incluyen en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad.

¹¹ FAO (2002a).

¹² FAO (2002b).

¹³ Danish Agricultural Advisory Service (DAAS) (2000).

Aguas pluviales

La construcción o ensanchamiento de las carreteras incrementa la cantidad de superficies impermeables, lo que aumenta a su vez el nivel de escurrimiento de aguas superficiales. Los flujos elevados de aguas pluviales pueden provocar la erosión e inundación de los arroyos. Las aguas pluviales pueden estar contaminadas con aceites y grasas, metales (por ejemplo, plomo, zinc, cobre, cadmio, cromo y níquel), partículas sólidas y otros contaminantes liberados por los vehículos en las calzadas, además de sales de deshielo (por ejemplo, cloruro de sodio y cloruro de magnesio) y productos sustitutivos (por ejemplo, acetato de calcio-magnesio y acetato de potasio) de las instalaciones empleadas para el mantenimiento de carreteras en climas más fríos. Las aguas pluviales también pueden contener nutrientes y herbicidas usados para el manejo de la vegetación en los derechos de vía.

Además de las prácticas para el manejo de las aguas pluviales durante la construcción y explotación presentadas en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, entre las prácticas aplicables para las calzadas se incluyen las siguientes:¹⁴

Manejo general de las aguas pluviales

- Uso de prácticas de manejo de las aguas pluviales que ralenticen los picos de los flujos de escurrimiento, reduzcan la carga de sedimentos y aumenten la infiltración, incluidos canales con vegetación (con plantas resistentes a la sal); franjas de tierra filtrante; construcción de bancales; diques de contención; depósitos o estanques de retención; zanjas de infiltración; estanques de infiltración y humedales artificiales;

- Siempre que se esperen cantidades importantes de aceite y grasa, usar separadores de agua y aceite en las actividades de tratamiento;
- Inspección y mantenimiento habituales de los elementos permanentes de control de la erosión y la escurrimiento.

Pavimentado de carreteras¹⁵

- Pavimentar cuando el clima sea seco para evitar la escurrimiento de materiales bituminosos o de cemento;
- Utilizar técnicas adecuadas de ejecución para reducir el vertido de materiales de pavimentación durante la reparación de baches y pavimentos desgastados. Esto puede incluir cubrir los registros y entradas de desagües pluviales durante las operaciones de pavimentación; utilizar medidas para el control de la erosión y la sedimentación para reducir la escurrimiento de las zonas en reparación y utilizar materiales para la prevención de la contaminación (por ejemplo, cubetas de goteo y material absorbente en las máquinas de pavimentación) para limitar las fugas y los derrames de fluidos y materiales de pavimentación;
- Reducir la cantidad de agua empleada para controlar el polvo y optar por prácticas de barrido y no de lavado. Recoger y devolver los materiales barridos a la base de grava o desecharlos como residuos sólidos, tal como se describe en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad;
- Evitar la generación de escurrimientos contaminados a través de la limpieza de equipos para el asfalto sustituyendo el gasóleo por aceite vegetal como agente de limpieza y desmoldante; evitar el uso de productos de limpieza y residuos de asfalto contaminados; raspar antes de limpiar y realizar las actividades de limpieza lejos de las estructuras de drenaje o de las aguas superficiales.

¹⁴ La adopción de recomendaciones concretas debería basarse en la identificación de zonas ecológicamente sensibles a lo largo del pasillo de transporte.

¹⁵ Recomendaciones adicionales sobre las actividades de pavimentados en «Chapter 5: Pavement Materials and Recycling» de NCHRP Project 25-25 (04).

Deshielo de carreteras

En aquellos lugares con climas más fríos es posible que deba retirarse la nieve y el hielo de las carreteras durante los meses más fríos. Entre las recomendaciones para el manejo de las aguas pluviales en este contexto se incluyen:¹⁶

- Usar principalmente métodos mecánicos de deshielo (por ejemplo, barredoras o arados) junto con medios químicos en caso necesario;
- Pretratar las superficies pavimentadas con métodos anticongelantes antes de la aparición de hielo o nieve con el fin de reducir la necesidad de realizar aplicaciones posteriores y permitir una fácil eliminación;
- Aplicar de forma selectiva agentes anticongelantes y de deshielo en función de las temperaturas esperadas en los pavimentos y del uso de sistemas de información meteorológica en carretera;
- Formar a los empleados en materia de aplicación de agentes anticongelantes y de deshielo y de las velocidades y tiempos óptimos, y calibrar de forma rutinaria los equipos de deshielo;
- Escoger el tipo de agentes anticongelantes y de deshielo en función de la ubicación de zonas ecológicamente sensibles y los posibles impactos de cada agente concreto;¹⁷
- Diseñar las carreteras y puentes para reducir al mínimo la acumulación de nieve en la calzada;¹⁸

¹⁶ Más recomendaciones acerca del manejo de los métodos de deshielo de carreteras en «Source Water Protection Practices Bulletin: Managing Highway Deicing to Prevent Contamination of Drinking Water» US EPA 816-F-02-019 (2002) y «Chapter 8: Winter Operations and Salt, Sand, and Chemical Management» de NCHRP Project 25-25 (04).

¹⁷ Las sales y los acetatos pueden tener consecuencias potencialmente negativas en los entornos terrestres y acuáticos y deberían seleccionarse cuidadosamente en función de las características concretas de cada emplazamiento, como la distancia de las masas de agua receptoras y el tipo de hábitat acuático local.

¹⁸ Pueden encontrarse recomendaciones concretas de diseño aplicables a las estructuras de puentes y calzadas, al uso de cercas vivas o estructurales y otros en numerosas fuentes, incluyendo «Chapter 3: Designing for Environmental Stewardship in Construction and Maintenance» de NCHRP Project 25-25 (04).

- Diseñar drenajes y sistemas de restablecimiento del lugar para reducir al mínimo los impactos de la escorrentía de agentes anticongelantes y de deshielo a las aguas superficiales y la vegetación.¹⁹

Residuos

Pueden generarse residuos sólidos durante las fases de construcción y mantenimiento de carreteras y estructuras asociadas. Así, pueden generarse cantidades importantes de materiales de tierra y roca en el movimiento de tierra de las actividades de construcción. La generación de residuos sólidos durante las actividades de explotación y mantenimiento pueden incluir residuos procedentes de la repavimentación de carreteras (por ejemplo, retirada de antiguos materiales del pavimento de las carreteras); basura, residuos arrojados ilegalmente a las carreteras o residuos sólidos en general procedentes de las áreas de descanso; cuerpos de animales muertos; restos de vegetación procedentes del mantenimiento de derechos de vía y sedimentos y lodos del mantenimiento del sistema de drenaje de aguas pluviales (incluyendo sistemas de separación de agua y aceite y cajas de captación). Asimismo, pueden generarse residuos de pintura procedentes de las actividades de mantenimiento de puentes y carreteras (por ejemplo, debido a la retirada de pintura antigua de puentes y carreteras antes de volver a pintarlos). Entre las estrategias para el manejo de residuos se incluyen las siguientes:

Fase de construcción

- Manejo de los materiales de excavación de las obras de conformidad con las recomendaciones contenidas en las **Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la**

¹⁹ Pueden encontrarse recomendaciones específicas referidas al manejo de las aguas pluviales en numerosas fuentes, como el Capítulo 3 de NCHRP Project 25-25 (04).

extracción de materiales de construcción y las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad;

Repavimentación de carreteras

- Potenciar al máximo el reciclaje de los residuos procedentes de la repavimentación de carreteras bien como árido (por ejemplo, pavimento de asfalto recuperado o material de hormigón reciclado) o como base;
- Incorporar materiales reciclables (por ejemplo, vidrio, neumáticos usados, determinados tipos de escombros y cenizas) para reducir el volumen y coste del asfalto nuevo y las mezclas de hormigón.²⁰

Residuos diversos

- Recoger la basura o los residuos arrojados ilegalmente a la carretera y manejar los mismos de conformidad con las recomendaciones contenidas en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Suministrar recipientes para el reciclaje de latas y eliminación de basuras en los aparcamientos para evitar que se arroje basura a la carretera;
- Manejar los inventarios de pintura y herbicidas para evitar contar con grandes cantidades de productos sin usar. Los productos caducados se asimilarán a los residuos peligrosos descritos en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad;
- Recoger los cuerpos de animales muertos de forma oportuna y eliminarlos enterrándolos inmediatamente o empleando otros métodos ambientalmente seguros;
- Convertir los residuos de vegetación en compost para reutilizarlo como fertilizante de jardinería;
- Manejar los sedimentos y lodos retirados como resultado de las actividades de mantenimiento de los sistemas de

drenaje pluvial como residuos peligrosos y no peligrosos (véanse las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad) en función de la valoración de sus características.

Pintura

- Todos los materiales de pintura retirados que contengan o puedan contener plomo se asimilarán a los residuos peligrosos;
- Usar un sistema para recoger los residuos de pintura al retirar las pinturas antiguas que contengan plomo. A la hora de realizar rascados, bastará con lonas que cubran el suelo. En las operaciones de limpieza a chorro, se precisará un cerramiento con un sistema de ventilación por presión negativa;
- Triturar los materiales superficiales antiguos retirados de las carreteras y reutilizarlos para pavimentar o apilar los materiales recuperados para usarlos como firme de carretera o con otras finalidades. El asfalto antiguo retirado puede contener alquitrán e hidrocarburos policíclicos aromáticos, por lo que puede ser posible que deba manejarse como residuos peligrosos.

Ruido

Los motores de vehículos, las emisiones de los tubos de escape, las fuentes aerodinámicas y la interacción de los neumáticos con el pavimento generan ruido en las carreteras. Cuando los vehículos circulan a velocidades superiores a 90 km/h, predomina el ruido provocado por la interacción entre los neumáticos y el pavimento.²¹ El ruido en carretera puede ser

²⁰ Más información acerca del uso de asfalto u hormigón reciclados y del uso de materiales reciclables en áridos en múltiples fuentes, incluyendo «Chapter 5: Pavement Materials and Recycling» de NCHRP Project 25-25 (04).

²¹ El nivel de ruido depende del tipo, volumen y velocidad del tráfico (por ejemplo, un camión de cinco ejes hace prácticamente tanto ruido como 28 coches a 90 km/h). US Department of Transportation, Federal Highway Administration. Highway Traffic Noise. <http://www.fhwa.dot.gov/environment/htnoise.htm>.

bastante molesto e incluso llegar a interferir con una conversación normal²², provocar estrés en los niños y aumentar la presión arterial, el ritmo cardíaco y los niveles de las hormonas del estrés.²³ Los niveles de ruido en carretera pueden reducirse con la distancia, el terreno, la vegetación y los obstáculos naturales y artificiales.

Entre las medidas para evitar, reducir al mínimo y controlar el ruido se incluyen:

- Tener en cuenta las repercusiones del ruido a la hora de diseñar las carreteras para evitar los impactos adversos en propiedades cercanas por medio de la colocación de derechos de vía o el diseño e implantación de las medidas de control del ruido analizadas más adelante.^{24, 25}
- El diseño e implantación de medidas de control del ruido pueden incluir los siguientes aspectos:
 - Construcción de las carreteras por debajo del nivel de los terrenos colindantes
 - Barreras de sonido a lo largo de los derechos de vía (por ejemplo, montículos de tierra, muros y vegetación)²⁶
 - Aislamiento de las estructuras de edificios próximos (consistente, normalmente, en la sustitución de las ventanas)

²² A una distancia de 15 metros, el ruido del tráfico oscila entre 70 dBA en el caso de los coches y 90 dBA en el de los camiones pesados.

²³ Evans, Gary W. et al. (2001).

²⁴ Por ejemplo, la administración estadounidense de carreteras (Federal Highway Administration) ha fijado unos criterios para medir el impacto del ruido, como L_{10} (nivel de ruido excedido en el 10% del tiempo) ≤ 70 dBA para uso en terrenos residenciales. Las nuevas carreteras proyectadas no deberían provocar un incremento significativo en los niveles de ruido existentes en las propiedades cercanas.

²⁵ El ruido en carretera no suele percibirse como una molestia para aquellas personas que viven a más de 150 metros de carreteras con tráfico intenso o a más de 30 a 60 metros de vías con poco tráfico.

²⁶ Entre las medidas más eficaces para la disminución del ruido se encuentran los montículos y barreras de sonido, que pueden reducir el ruido en 5 dBA o incluso más. El coste de los muros contra el ruido en Estados Unidos se estima en unos 1.3 millones de dólares por milla (NCHRP Project 25-25 (04)).

- Uso de superficies que generen menos ruido al producirse el contacto entre el pavimento y los neumáticos, como mezcla asfáltica tipo SMA²⁷

Emisiones al aire

Las emisiones al aire suelen proceder del polvo generado en las fases de construcción y de los gases de los tubos de escape de los vehículos. Entre las prácticas para el manejo de las emisiones al aire se incluyen las siguientes:

- Prevención y control de las emisiones de polvo durante las actividades de construcción y mantenimiento, tal como se describe en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad;
- Explotación y mantenimiento de las flotas de vehículos de mantenimiento de conformidad con las recomendaciones contenidas en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad;
- Consideración de las distintas opciones de diseño para reducir los embotellamientos, incluidas las siguientes:
 - Sistemas automáticos de cobro de peajes
 - Disponibilidad de carriles para vehículos de alta ocupación
 - Reducción al mínimo de los cambios de gradiente, cruces a nivel y curvas cerradas, que pueden potenciar los embotellamientos
 - Diseño de calzadas que repelan el agua, y eliminación puntual de la nieve para reducir al mínimo la resistencia al rodamiento y aumentar la seguridad

²⁷ La mezcla asfáltica SMA (Stone Matrix Asphalt) es una de las distintas superficies alternativas que pueden usarse en las carreteras nuevas o como tratamiento superficial en las carreteras antiguas para lograr una superficie más silenciosa. Las estructuras de asfalto poroso de doble capa reducen el ruido de la carretera, desde 3 a 4 dBA a 50 km/h hasta 5,5 dBA a 100 km/h frente al asfalto normal y son de 7 a 12 dBA más silenciosas que los pavimentos de hormigón (NSW Roads and Traffic Authority (RTA), 2005).

- Mantenimiento de la superficie vial para preservar las características superficiales (por ejemplo, textura y rugosidad)

Aguas residuales

Los vertidos de aguas residuales procedentes de las instalaciones de mantenimiento y de las zonas de descanso deben manejarse de acuerdo con las recomendaciones recogidas en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, y pueden incluir la conexión con sistemas centralizados para la recogida y tratamiento de aguas residuales o el uso de sistemas sépticos debidamente diseñados y explotados.

1.2 Higiene y seguridad ocupacional

En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad se proporciona orientación acerca de la prevención y control de riesgos físicos, químicos y biológicos comunes a la mayoría de los proyectos e instalaciones.

Entre las cuestiones sobre higiene y seguridad en el trabajo asociadas a la construcción y explotación de carreteras se incluyen, principalmente, las siguientes:

- Riesgos físicos
- Riesgos químicos
- Ruido

Riesgos físicos

El personal de mantenimiento y construcción de carreteras, así como el de paisajismo dedicado a mantener la vegetación en los derechos de vía, puede verse expuesto a una variedad de riesgos físicos, principalmente por manejar maquinaria y mover vehículos, pero también por trabajar en las alturas, en puentes y pasos elevados. En las Guías generales sobre medio

ambiente, salud y seguridad se analizan otros riesgos físicos (por ejemplo, exposición a elementos climáticos, ruido, trabajo en espacios cerrados, excavación de zanjas, contacto con cables aéreos de alta tensión, caídas desde máquinas o estructuras, y riesgo de que caigan objetos).

Entre las medidas para evitar y controlar los riesgos físicos se incluyen:

Equipos en movimiento y seguridad vial

- Desarrollar un plan de manejo del transporte para las reparaciones viales que incluya medidas que garanticen la seguridad ocupacional de los obreros de construcción y viajeros;
- Delimitar zonas de trabajo para separar a los trabajadores a pie del tráfico y equipos de las siguientes formas:
 - Redirigir el tráfico a carreteras alternativas en la medida de lo posible;
 - Cerrar carriles y desviar el tráfico a los carriles restantes siempre que la carretera tenga un ancho suficiente (por ejemplo, redirigiendo todo el tráfico a un lado en las carreteras de varios carriles);
 - Cuando la exposición de los trabajadores al tráfico no pueda eliminarse por completo, utilizar barreras protectoras para proteger a los trabajadores de los vehículos en circulación o instalar dispositivos de canalización (por ejemplo, conos y barriles de tráfico) para delimitar la zona de trabajo;
 - Regular el flujo de tráfico por medio de luces de advertencia, evitando el uso de trabajadores encargados de la señalización manual en la medida de lo posible;
 - Diseñar los espacios de trabajo de tal modo que se eliminen o reduzcan los puntos ciegos;

- Reducir las velocidades máximas permitidas a los vehículos en las zonas de trabajo;
- Formar a los trabajadores en cuestiones de seguridad relacionadas con sus actividades, como los riesgos de trabajar a pie junto a equipos y vehículos; y prácticas seguras para trabajar de noche y en otras situaciones de escasa visibilidad, incluido el uso de prendas de seguridad de gran visibilidad y una iluminación adecuada para el espacio de trabajo (al tiempo que se controlan los destellos para no cegar a los trabajadores y a los automovilistas que circulen por la zona).

Trabajos en altura

- Aquellas zonas en las que se esté trabajando en altura deberán delimitarse para restringir el acceso al personal autorizado. Debe evitarse trabajar bajo personal ubicado sobre estructuras elevadas;
- Los equipos de elevación y levantamiento deberán calibrarse y mantenerse debidamente, y los operarios deberán ser instruidos acerca de su uso. Las plataformas elevadoras deberán mantenerse y explotarse de acuerdo con los procedimientos de seguridad establecidos, incluyendo el uso de medidas de protección contra caídas (por ejemplo, barandas); protocolos para el movimiento de equipos (por ejemplo, moverlos únicamente cuando el elevador esté en posición recogida); reparaciones realizadas por personal cualificado; e instalación de seguros para evitar el uso no autorizado por parte de personal sin capacitación;
- Deberán emplearse escaleras de acuerdo con los procedimientos de seguridad preestablecidos para colocarlas, subir y mantenerse de pie sobre las mismas, también aplicables al uso de extensiones.

Protección contra caídas

- Implantación de un programa de protección contra caídas que incluya formación sobre técnicas de ascenso y uso de medidas de protección contra caídas; inspección, mantenimiento y sustitución de equipos de protección contra caídas; y rescate de trabajadores que hayan caído, entre otras cuestiones;
- Fijación de criterios para el uso de protecciones contra caídas totalmente eficaces (normalmente para aquellos casos en que se trabaje a más de 2 metros sobre la superficie de trabajo, aunque a veces puede ampliarse a 7 metros en función de la actividad). El sistema de protección contra caídas debe ser apropiado para la estructura y los movimientos necesarios, incluido el ascenso, descenso y movimiento de un punto a otro;
- Instalación de dispositivos de sujeción en los componentes de los puentes para facilitar el uso de sistemas de protección contra caídas;
- Los arneses de seguridad deberán ser de nylon de doble grosor de al menos 16 mm o de un material de resistencia equivalente. Los arneses de seguridad con cuerdas deberán reemplazarse antes de que comiencen a mostrar signos de desgaste o deshilachamiento;
- Los trabajadores que usen herramientas eléctricas en las alturas deberán usar una segunda correa de seguridad (de apoyo).

Riesgos químicos

Los riesgos químicos derivados de las actividades de construcción, explotación y mantenimiento de carreteras pueden asociarse principalmente a la exposición al polvo procedente de las actividades de construcción y pavimentación; emisiones de los tubos de escape de los equipos pesados y vehículos de motor durante todas las actividades de construcción y

mantenimiento (incluidas obras en túneles o casetas de cobro de peajes); polvo potencialmente peligroso generado por la eliminación de pintura de los puentes; uso de herbicidas en la vegetación; y gasóleo empleado como agente de limpieza y desmoldante en los equipos de pavimentación. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen recomendaciones generales acerca del manejo de materiales peligrosos y riesgos químicos.

Entre las recomendaciones específicas de los proyectos viales se incluyen:

- Uso de fresadoras y pavimentadoras con sistemas de ventilación de extracción y mantenimiento adecuado de dichos sistemas para mantener la exposición de los trabajadores al silicio cristalino (fresadoras y rectificadoras) y humos de asfalto (pavimentadoras) por debajo de los niveles de exposición profesional aplicables;
- Uso de productos de asfalto adecuados para cada aplicación concreta, y adopción de medidas para que la aplicación se realice a la temperatura adecuada para reducir la emisión de gases procedentes del betún durante su manipulación normal;
- Mantenimiento de la maquinaria y vehículos de trabajo para reducir al mínimo las emisiones al aire;
- Reducción del uso de motores al ralentí en las obras;
- Uso de módulos de extensión u otros medios para dirigir los gases de combustión diesel lejos de los operarios;
- Ventilación de las zonas interiores en las que haya motores o vehículos en funcionamiento, o uso de acoplamientos en los manguitos de extracción de gases para desviar los gases al exterior;
- Suministro de una ventilación adecuada en túneles y otras zonas con circulación limitada de aire natural;
- Instalación de ventilación en las casetas de peaje y sistemas de filtración de aire;

- Uso de prendas protectoras para trabajar con asfalto fluidificado (mezcla de asfalto y disolventes para reparar pavimentos), combustible diesel u otros disolventes;
- Uso de equipos de pulido y limpieza a chorro que no levanten polvo, y medidas de contención especiales para las actividades de retirada de pintura.²⁸ Evitar el uso de pinturas con plomo y usar medidas de protección adecuadas para la respiración al retirar pinturas (incluidas aquéllas que contengan plomo de instalaciones más antiguas) o al cortar acero galvanizado.

Ruido

El personal de construcción y mantenimiento puede verse expuesto a niveles extremadamente elevados de ruido procedentes de equipos pesados y por la proximidad del tráfico de vehículos. Puesto que la mayoría de estas fuentes de ruido no pueden evitarse, las medidas de control deberán incluir el uso de protección auditiva personal por parte del personal expuesto y la implantación de programas de rotación del trabajo para reducir la exposición acumulada. En las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad figuran recomendaciones adicionales para el manejo del ruido que deben soportar los trabajadores.

1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los impactos en la higiene y seguridad de la comunidad durante la construcción de carreteras son comunes a los de la mayoría de las grandes obras y se analizan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Estos impactos incluyen, entre otros, la suciedad, ruido y vibración procedentes

²⁸ Entre los ejemplos de cerramientos usados en las actividades de retirada de pintura se incluyen cerramientos totales con sistemas de recolección de polvo (para la limpieza a presión con abrasivos), cortinas impermeables (para la limpieza a presión con abrasivos en mojado), o herramientas de limpieza a

del tránsito de vehículos de las obras y las enfermedades transmisibles asociadas con la llegada de obreros temporales. Entre las cuestiones significativas sobre higiene y seguridad de la comunidad asociadas a los proyectos viales pueden incluirse además:

- Seguridad de los peatones
- Seguridad vial
- Preparación para emergencias

Seguridad de los peatones

Los peatones y ciclistas son los más expuestos a sufrir lesiones graves producidas por colisiones con vehículos en movimiento. Los niños suelen ser los más vulnerables debido a la falta de experiencia y conocimiento de los peligros relacionados con el tráfico, su comportamiento mientras juegan y su pequeño tamaño, que les hace menos visibles a los automovilistas. Entre las estrategias recomendadas para velar por la seguridad de los peatones se incluyen las siguientes:

- Suministro de pasillos de seguridad a lo largo de las zonas de construcción y trazado de carreteras, incluidos túneles y puentes (por ejemplo, caminos separados de la calzada), y cruces seguros (preferiblemente por encima o debajo de la calzada) para peatones y ciclistas durante las fases de construcción y explotación. Las zonas de cruce deben tener en cuenta las preferencias de la comunidad, incluidas las relativas a comodidad y seguridad personal (por ejemplo, la prevalencia de delitos en las posibles zonas de cruce).
- Instalación de barreras (por ejemplo, cercos y plantaciones) para disuadir el acceso de los peatones a la calzada, excepto en los cruces habilitados;

- Instalación y mantenimiento de dispositivos de control de velocidad y ralentización del tráfico en los pasos de peatones;
- Instalación y mantenimiento de todos los signos, señales, avisos y otros dispositivos usados para regular el tráfico, concretamente los referidos a carriles de bicicletas o zonas de peatones.²⁹

Seguridad vial

Las colisiones y accidentes pueden involucrar a uno o varios vehículos, peatones, ciclistas y animales. Son muchos los factores que contribuyen a los accidentes de tráfico. Algunos están relacionados con el comportamiento de los conductores o la calidad de los vehículos, mientras que otros lo están con el diseño de las carreteras o con cuestiones de construcción y mantenimiento. Entre las recomendaciones para evitar, reducir al mínimo y controlar los riesgos de la comunidad ante los accidentes de tráfico se incluyen:

- Instalación y mantenimiento de todos los signos, señales, avisos y otros dispositivos usados para regular el tráfico, incluidos límites de velocidad señalizados, avisos de curvas cerradas o de otros estados concretos de las carreteras;³⁰
- Fijación de límites de velocidad adecuados para el estado del tráfico y la carretera;
- Diseño de calzadas que permitan acomodar el flujo y volumen de tráfico previstos;
- Mantenimiento de la carretera para evitar el fallo mecánico de los vehículos debido al estado de la misma;

²⁹ Tal como lo requieran las autoridades públicas con competencia en la zona del proyecto. En ausencia de las mismas, los operarios y promotores de los proyectos deberán remitirse a fuentes de marcos normativos bien desarrollados como el *Code of Federal Regulations* (CFR) estadounidense Part 655, Subpart F y el *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways* (MUTCD, 2003).

³⁰ De acuerdo con los requisitos normativos locales o, en ausencia de los mismos, de fuentes como el *Code of Federal Regulations* estadounidense (CFR) Part 655, Subpart F y el *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways* (MUTCD, 2003).

- Construcción de zonas de descanso al borde de la carretera en puntos estratégicos para reducir al mínimo la fatiga de los conductores;
- Instalación de medidas para reducir las colisiones entre animales y vehículos (por ejemplo, uso de señales para alertar a los conductores de segmentos de la carretera atravesados con frecuencia por animales; construcción de estructuras para el paso de animales; instalación de cercas a lo largo de la calzada para dirigir a los animales hacia las estructuras de paso; y uso de reflectores a lo largo de la carretera para disuadir el paso de animales por la noche al acercarse los vehículos);
- Intentar eliminar los pasos a nivel ferroviario;
- Intentar usar sistemas de advertencia en tiempo real con señales para avisar a los conductores de accidentes, congestión, meteorología adversa o estado de la carretera, así como de otros posibles riesgos más adelante.

Preparación para emergencias

Las situaciones de emergencia asociadas con mayor frecuencia a las carreteras incluyen los accidentes con uno o varios vehículos o peatones y los vertidos de aceite o materiales peligrosos. Los operarios de carreteras deberán elaborar un plan de preparación y respuesta en casos de emergencia en coordinación con la comunidad local y las fuerzas de emergencia locales para prestar primeros auxilios de forma oportuna en caso de accidente y saber actuar en caso de que se produzcan derrames de materiales peligrosos.

2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

2.1 Medio ambiente

Guías sobre emisiones y efluentes

Las carreteras no suelen generar importantes fuentes fijas de contaminación por efluentes o emisiones al aire. No obstante, los operarios deberán aplicar los principios y guías anteriores, así como los contenidos en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, especialmente por lo que respecta a las emisiones o efluentes de las instalaciones de mantenimiento vial.

Seguimiento ambiental

En los programas de seguimiento ambiental implementados para este sector deben abordarse todas las actividades identificadas que podrían tener impactos importantes en el medio ambiente durante las operaciones normales y en condiciones irregulares. Las actividades de seguimiento deben llevarse a cabo con la frecuencia que sea suficiente para proporcionar datos representativos sobre el parámetro en cuestión. Estas actividades deben ser realizadas por personas idóneas, que han de seguir los procedimientos indicados de seguimiento y mantenimiento de registros y utilizarán equipos calibrados y mantenidos adecuadamente. La información obtenida debe ser analizada y examinada a intervalos periódicos y comparada con las normas operativas con el fin de adoptar las medidas correctoras que sean necesarias. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen orientaciones adicionales sobre los métodos analíticos y de muestreo que pueden aplicarse en el caso de las emisiones y efluentes.

2.1 Higiene y seguridad ocupacional

Guías sobre higiene y seguridad ocupacional

Para evaluar el desempeño en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre exposición que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: las guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional (TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®) publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH),³¹ el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH),³² los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA),³³ los valores límite indicativos de exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea,³⁴ u otras fuentes similares.

Tasas de accidentes y letalidad

Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar una pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad o, inclusive, muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)³⁵.

Seguimiento de la higiene y seguridad en el trabajo

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y aplicadas por profesionales acreditados³⁶ como parte de un programa de seguimiento de la higiene y seguridad en el trabajo. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y seguridad en el trabajo.

³¹ <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>

³² <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

³³

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDAR DS&p_id=9992

³⁴ http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

³⁵ <http://www.bls.gov/iif/> and <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

³⁶ Los profesionales acreditados incluyen: higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

3.0 Referencias y fuentes adicionales

- Austrroads, Inc. 2003. Guidelines for Treatment of Stormwater Runoff from the Road Infrastructure: AP-R232/03. Sydney, NSW: Austrroads. Disponible en http://www.onlinepublications.austrroads.com.au/script/details.asp?DocN=AR0000047_0904
- California Department of Health Services (CDHS). 2002. Occupational Health Branch, Hazard Evaluation System & Information Service. Diesel Engine Exhaust. Oakland, CA: CDHS. Disponible en <http://www.dhs.ca.gov/ohb/HESIS/diesel.pdf>
- Danish Agricultural Advisory Service (DAAS). 2000. Manuals of Good Agricultural Practice from Denmark, Estonia, Latvia, and Lithuania. Aarhus: DAAS. Disponible en <http://www.lr.dk/international/informationsserier/intfbdiv/cgaps.htm>
- CE (Comisión Europea). 2002. Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Disponible en <http://ec.europa.eu/environment/noise/home.htm>
- CE. 2000. Directiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el medio ambiente por el uso de máquinas al aire libre. Disponible en http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/d0014_en.pdf
- CE. 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Disponible en <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992L0043:EN:HTML>
- Driscoll, E.D., P.E. Shelley, E.W. Strecker. 1990. Pollutant Loadings and Impacts from Highway Stormwater Runoff. Volume I: Design Procedure. United States (US) Department of Transportation Federal Highway Administration. Publication No. FHWA-RD-88-006. McLean, VA: FHWA.
- Evans, G.W., P. Lercher, M. Meis, H. Ising, W. W. Kofler. 2001. Community noise exposure and stress in children. Journal of the Acoustical Society of America. Volume 109, Issue 3, pp. 1023-27 (2001).
- Evink, G. 2002. National Cooperative Highway Research Program Synthesis 305. Interaction between roadways and wildlife ecology: A synthesis of highway practice. Transportation Research Board, Washington D.C. pp.78.
- FAO. 2002. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides – revised version. Adopted by the 123rd Session of the FAO Council in November 2002. Roma, FAO. Disponible en <http://www.fao.org/AG/magazine/mso35C.pdf>
- European Asphalt Pavement Association. 2005. Industry Statement on the recycling of asphalt mixes and use of waste of asphalt pavements. Bruselas: European Asphalt Pavement Association.
- Laborers' Health & Safety Fund of North America (LHSFNA), American Road and Transportation Builders Association (ARTBA), National Asphalt Pavement Association (NAPA), and International Union of Operating Engineers (IUOE). 2004. Roadway Safety. A Road Construction Consortium Training Program. Washington, DC. Disponible en <http://wzsafty.tamu.edu/>
- National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). 2004. Environmental Stewardship Practices, Procedures, and Policies for Highway Construction and Maintenance. Project 25-25(4). Disponible en http://trb.org/news/blurb_detail.asp?id=4501
- National Directorate of Roads and Bridges (DNEP) Mozambique. 1998. Field Manual of Environmental Guidelines for Roadworks in Mozambique.
- New South Wales (NSW) Environment Protection Authority (EPA). 1999. Environmental Criteria for Road Traffic Noise. Sydney, NSW: Australia. Disponible en <http://www.environment.nsw.gov.au/noise/traffic.htm>
- Nova Scotia Department of Transportation and Public Works. Environmental Protection Plan (EPP). Disponible en <http://www.gov.ns.ca/tran/enviroservices/govEPP100.asp>
- NSW Roads and Traffic Authority (RTA). 2005. RTA Roadworks QA Specification. R44 (Ed 3 Rev 6) Earthworks (Cut, Fill, Imported Fill and Imported Selected Material). Sydney, NSW: RTA. Disponible en <http://www.rta.nsw.gov.au/doingbusinesswithus/specifications/roadworks.html>
- Reijnen, R., R. Foppen, G. Veenbaas. 1997. Disturbance by traffic of breeding birds: Evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. Biodiversity and Conservation. Vol. 6: No. 4 (1997), pp. 567-581
- United Nations Environmental Programme (UNEP). Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Véase <http://www.pops.int/>
- United States (US) Code of Federal Regulations (CFR). Title 49 –Transportation. Part 655—Prevention Of Alcohol Misuse And Prohibited Drug Use In Transit Operations. Subpart F: Drug and Alcohol Testing Procedures. Disponible en <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/textidx?c=ecfr&sid=3c6ce064410330589cc7b36c68100bcb&rgn=div5&view=text&nid=49:7.1.1.14&idno=49>
- US EPA. CFR. Title 40. Pesticide Programs. Subpart E. Part 170. Worker Protection Standard. Disponible en <http://www.epa.gov/pesticides/safety/workers/PART170.htm>
- US EPA. CFR. Title 40. Pesticide Programs. Subpart E. Part 171. Certification of Pesticide Applicators. Disponible en http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_05/40cfr171_05.html
- US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1997. Engineering Control Guidelines for Hot-Mix Asphalt Pavers. Publication No. 97-105. Enero de 1997. Washington, DC: NIOSH.
- US Department of Health and Human Services, NIOSH. 2000. Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt. Publication No. 2001-110. Washington, DC: NIOSH.
- US Department of Health and Human Services, NIOSH. 2001. Building Safer Highway Work Zones: Measures to Prevent Worker Injuries from Vehicles and Equipment. Publication No. 2001-128. Washington, DC: NIOSH.
- US Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA). 2001. Highway Effects on Vehicle Performance. FHWA-RD-00-164. Washington, DC: FHWA
- US Department of Transportation, FHWA. Highway Traffic Noise. Véase <http://www.fhwa.dot.gov/environment/htnoise.htm>.
- US Department of Transportation, FHWA. 2003. Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). 2003 Edition, Revision 1. Washington, DC: FHWA. Disponible en <http://mutcd.fhwa.dot.gov/>
- US EPA. 2002. Water Protection Practices Bulletin. Managing Highway Deicing to Prevent Contamination of Drinking Water. US EPA 816F02019. Washington, DC: US EPA.
- US EPA. Certification and Training/Restricted-Use Pesticides. Disponible en <http://www.epa.gov/oecaagct/tpes.html#Certification%20and%20Training/Restricted-Use%20Pesticides>

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

Las infraestructuras de los proyectos viales suelen incluir derechos de vía, la propia calzada, cruces, túneles, puentes, instalaciones de mantenimiento, aparcamiento y explanadas de peaje en las carretas de peaje. Los proyectos viales pueden incluir prestaciones para bicicletas y peatones, como carriles especiales para bicicletas o caminos de uso compartido separados de la calzada. Algunos proyectos viales pueden entrañar asimismo la construcción y explotación de áreas de servicio para vehículos.

Los requisitos de terreno para las carreteras suelen oscilar entre 9 ha/km aproximadamente para dos carriles en cada sentido hasta 12 ha/km para cuatro carriles en cada sentido.³⁷ Es posible que el ancho de los derechos de vía deba ser suficiente para dar cabida a vías de circulación, arcenes, franjas de hierba, aceras y carriles para bicicletas, instalaciones de servicios públicos y pendientes en la zona exterior. En los terrenos accidentados, los derechos de vía varían considerablemente en las zonas en las que debe cortarse y rellenarse el terreno, aunque suele preferirse el uso de túneles para evitar secciones muy empinadas en las carreteras.

Diseño y construcción

Normalmente, las carreteras modernas se construyen para todos los climas, con un pavimento superficial muy resistente, normalmente de asfalto u hormigón. Las calzadas pavimentadas suelen constar de tres capas sobre la faja de emplazamiento: la sub-base, la capa de base y la capa superficial. Cada capa es compactada por un rodillo antes de pasar a la siguiente.

Subrasante, sub-base y capa de base

La subrasante está formada por tierra nivelada hasta alcanzar la elevación deseada. Es posible que deba modificarse la tierra

con aditivos estabilizantes (por ejemplo, cal, cemento «Portland» o cenizas volantes) para ofrecer un soporte uniforme y adecuado a la estructura subyacente de la carretera

La sub-base tiene por objeto esparcir de forma uniforme la carga del pavimento y el tráfico sobre el terreno. En la construcción de la sub-base se emplean materiales tanto ligados como no ligados. Los materiales no ligados consisten en áridos sueltos que no se ligan ni adhieren a las partículas vecinas al colocarse y compactarse. El material suele ser piedra machacada, escoria u hormigón. En el caso de los materiales ligados, se añade un conglomerante, normalmente cemento, para ligar los áridos entre sí, para permitir de este modo cargas más pesadas y reducir al mismo tiempo el drenaje. La piedra machacada, la escoria y los materiales de construcción pueden usarse como componentes de los materiales ligados.

La capa de base es la capa de refuerzo del firme. El material usado es similar al de la sub-base, aunque el tamaño de las partículas es más uniforme. Puede usarse asfalto u hormigón como ligante.

Capa de rodadura

La capa de rodadura es la capa superior de asfalto u hormigón. La capa superior debe ser uniforme para que los coches y camiones circulen sin problemas. El material más común en las capas de rodadura suele ser el asfalto. Los materiales básicos empleados en la preparación del asfalto suelen ser betún líquido caliente y áridos (por ejemplo, arena y piedra machacada).

Asfalto

El asfalto de mezcla caliente es una mezcla muy técnica de materiales estrictamente especificados (por ejemplo, la

³⁷ EEA, 1998.

tolerancia de los áridos suele ser inferior al 5% por lo que respecta a su forma, tamaño, dureza y desgaste). La variedad de tipos de mezcla es prácticamente infinita, dependiendo de su posición en la estructura de la carretera (por ejemplo, capa de base o de rodadura), su función concreta (por ejemplo, intensidad del tráfico, propiedades antideslizantes, reducción del ruido), las condiciones climáticas (por ejemplo, de temperaturas muy frías a muy elevadas) y la naturaleza de las materias primas disponibles en la zona (por ejemplo, canteras de piedra caliza o granito, tipos de betún). Otros materiales como el asfalto roto (extraído de carreteras dañadas), azufre, caucho y tierras de fundición pueden añadirse a la mezcla base sin que ello afecte a la calidad final del asfalto.

Los asfaltos se agrupan en función de su contenido y el tamaño de las piedras (áridos). Se han desarrollado muchos tipos de asfaltos para satisfacer distintos requisitos, en función de las condiciones climáticas, cargas de tráfico y otros parámetros concretos. La mezcla asfáltica tipo SMA y el hormigón poroso son dos tipos de asfalto comunes en las obras viales modernas.

La mezcla asfáltica SMA consiste en una estructura gruesa de áridos con un mástico compuesto de finos de roca machacada, relleno y betún. El contacto de piedra con piedra del árido grueso ofrece una matriz muy duradera resistente al endurecimiento por envejecimiento y una gran resistencia a la deformación. Por lo tanto, es resistente al cuarteamiento, erosión y daños provocados por la humedad.

El incremento en los volúmenes del tráfico, especialmente en países con climas húmedos, ha dado lugar al desarrollo del asfalto poroso (AP). El AP consiste principalmente en áridos de granulometría discontinua ligados por medio de un ligante de polímero modificado para formar una matriz con huecos interconectados por los que puede pasar el agua.

La principal diferencia entre el SMA y el AP radica en el porcentaje de huecos de la mezcla. El AP tiene un contenido de

huecos de al menos un 20% frente al 3 a 6% del SMA. Este mayor contenido de huecos significa que el AP mejora significativamente la capacidad de drenaje superficial, reduciendo por tanto la pulverización y el deslumbramiento de los faros en climas húmedos, mejorando la resistencia a los patinazos y reduciendo la tendencia al "aquaplaning". El AP también suele generar menos ruido al producirse el contacto entre los neumáticos y el firme que los demás materiales empleados en las capas de rodadura.

El asfalto suele aplicarse a unos 30-50 km de la central de fabricación, aunque en algunos casos es posible que deba transportarse hasta a 100 km de distancia.

Hormigón

Las capas de rodadura pueden construirse a base de hormigón, especialmente en carreteras con grandes volúmenes de tráfico y tráfico de camiones pesados, principalmente debido a su durabilidad, larga vida (normalmente de 20 a 30 años) y sus necesidades de mantenimiento, generalmente reducidas, frente a las de los firmes asfálticos. El hormigón suele producir más ruido al contacto entre los neumáticos y el firme, y es más caro de instalar que el asfalto.

La subrasante, la sub-base y la capa de base sobre las que se asienta el firme de hormigón son similares a las descritas anteriormente para los firmes de asfalto. Dada la rigidez de los firmes de hormigón, las cargas se reparten a lo largo de una gran superficie, y las presiones sobre la subrasante son relativamente reducidas. La sub-base puede suprimirse en las carreteras de hormigón destinadas a un tráfico ligero. En los grandes proyectos viales, el bloque de hormigón suele colocarse por medio de equipos de adoquinado de encofrados deslizantes, que forman y consolidan el hormigón fresco en las zonas de dominio. La superficie del firme tiene una textura determinada para mejorar la tracción en seco y mojado. A intervalos

regulares se incluyen juntas de contracción y dilatación para aliviar tensiones y evitar el cuarteamiento del bloque de hormigón.

Marcas viales

Las marcas sobre el pavimento se usan para delimitar los carriles e introducir otros avisos para guiar a los automovilistas. Las señales de tráfico se complementan con otras señales horizontales. Los indicadores pueden estar montados en la superficie (en relieve) o colocados en ranuras empotradas en el firme. Suelen aplicarse por medio de adhesivos epoxi o de betún.

Estaciones de peaje

Las estaciones de peaje pueden ser manuales, electrónicas o ambas. Para evitar paradas prolongadas en las barreras de peaje, la calzada se abre en una explanada de peaje con varios carriles. El diseño de la explanada permite al tráfico separarse de forma segura y reducir la velocidad hasta el punto de pago y después volver a acelerar e integrarse de nuevo al flujo de tráfico. El cobro manual de peajes es relativamente lento y, por lo tanto, requiere mayor número de casetas y carriles que el que precisan los sistemas electrónicos para cobrar a la misma cantidad de vehículos.

Explotación y mantenimiento

Son muchas las actividades de explotación y mantenimiento vial, pero las principales son la reparación de carreteras, retirada de hielo y nieve, mantenimiento de puentes y mantenimiento de la vegetación.

Los firmes de asfalto pueden cuartearse y sufrir otros daños que deberán ser reparados. Normalmente se emplean emulsiones de asfalto para rellenar pequeñas grietas y fisuras. El betún fluidificado, consistente en una mezcla de asfalto y disolventes

de petróleo, no es tan frecuente debido a los posibles efectos de los disolventes sobre el medio ambiente. Entre las tareas de reparación se incluyen el manejo de equipos, barrido, aplicación de asfalto y compactación con rodillo.

Las zonas más expuestas a reparaciones en las calzadas de hormigón son las juntas longitudinales, pues son los puntos en los que puede penetrar la humedad en el firme. Las reparaciones suelen realizarse serrando y retirando el hormigón deteriorado. El material de base existente se compacta y se añade material adicional en caso necesario. La transferencia de cargas se vuelve a efectuar en la zona reparada por medio de una armadura (por ejemplo, barras de anclaje y pasadores). Al hormigón nuevo se le da una textura igual al del resto de la calzada. El fresado con diamante se usa también para restaurar las propiedades de la superficie (por ejemplo, reducir los baches y hondonadas y restaurar la rugosidad de la superficie).

Cuando la superficie de rodadura se deteriora hasta el punto de que la reparación o los tratamientos de la superficie no son efectivos, habrá que proceder a la renovación del pavimento. En el caso del firme de asfalto, la renovación suele realizarse por medio del uso de máquinas de fresado, que retiran la capa superior del pavimento. El pavimento retirado puede transportarse fuera del lugar o procesarse de cualquier otro modo para poder volver a utilizarlo como sub-base o como otro material.

A menudo, el pavimento retirado se muele en el propio terreno, se mezcla con aditivos beneficiosos (por ejemplo, áridos vírgenes, conglomerante o agentes regenerantes o suavizantes para mejorar las propiedades del aglomerado), y después se utiliza para volver a pavimentar la calzada. El fresado y pavimentado de las carreteras de asfalto suele completarse de una única pasada. Para renovar el pavimento de las calzadas de hormigón es preciso romper y retirar el hormigón, compactar y corregir el material de base en caso necesario y, por último,

pavimentar de nuevo la calzada. El hormigón retirado suele machacarse y reciclarse para su uso como material de sub-base.

Otra de las actividades de mantenimiento consiste en la retirada de nieve y hielo de puentes, calzadas y arcones. La existencia de cunetas anchas facilita el almacenamiento de la nieve retirada, que, de otro modo, se amontonaría a lo largo de la calzada o debería ser retirada. El uso de productos químicos descongelantes (por ejemplo, sal común [cloruro de sodio] o cloruro de magnesio) facilita una conducción segura. El acetato de calcio-magnesio y el acetato de potasio son algunas alternativas a las sales de cloruro. El esparcido de arena o piedra machacada también se usa para aumentar la seguridad vial. Sin embargo, el enarenado en las carreteras es menos eficaz porque la arena puede ser desplazada por vehículos que viajen a grandes velocidades.³⁸

Los puentes de acero suelen pintarse con un sistema de pintura de múltiples capas para que resistan a la corrosión. Para lograr una alta protección contra el deterioro, es preciso aplicar pintura de forma periódica. Si la pintura antigua está en buen estado, puede añadirse una nueva capa por encima; de lo contrario, debe retirarse antes de aplicar pintura de nuevo. Las pinturas antiguas pueden contener plomo.

La vegetación de los derechos de vía debe mantenerse de forma periódica para mejorar su estética y para evitar posibles riesgos para la seguridad (por ejemplo, visibilidad reducida, obstrucción de señales y presencia de desechos en la calzada). El mantenimiento de la vegetación suele incluir actividades de siega mecánica, poda, desbroce, limpieza y retirada de árboles cuando sea necesario.

³⁸ University of New Hampshire, 2001.