REPUBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE TRANSPORTE.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

“MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO DE LAS VIAS UBICADAS EN LOS SECTORES No 1, No 2, No 3, No 4, No 5, No 6 y No 7 EL MUNICIPIO DE URIBIA, EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA, INCLUYE AQUELLAS VIAS DE LAS COMUNIDADES WAYUU QUE RESIDEN EN ZONAS RURALES DISPERSAS, SEGÚN SENTENCIA T 302, EN EL MARCO DE LA DECLARATORIA DE IMPORTANCIA ESTRATEGICA DE LOS PROYECTOS QUE HACEN PARTE DEL PROGRAMA VIAS PARA LA PAZ”

APÉNDICE “N” LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS”

CONTRATO DE OBRA PBLICA

Bogotá, D. C., diciembre de 2025

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN **3**

1. OBJETO **4**

2. ALCANCE **4**

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN **4**

4. IDENTIFICACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS **4**

5. VALIDACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS APLICABLES **6**

6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS **13**

7. LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO **14**

7.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO *15*

7.1.1. HUMEDAD 15

7.1.2. SUBRASANTE 16

7.1.3. TRÁNSITO 18

7.1.4. PERIODO DE DISEÑO 18

7.1.5. DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS 18

7.1.6. DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO 25

8. ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS **29**

9. RESPONSABILIDADES AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD **29**

10. RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA **29**

11. RESPONSABILIDADES DE LA INTERVENTORÍA **29**

12. RESPONSABILIDAD TÉCNICA **30**

13. COORDINACIÓN CON OTROS APÉNDICES **30**

14. PRELACIÓN Y SANCIONES **30**

15. MARCO NORMATIVO **30**

16. DISPOSICIONES FINALES **31**

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en cumplimiento del Decreto 1292 de 2021, tiene la función de Impulsar la innovación y la sostenibilidad por medio de la implementación de nuevas tecnologías, proponiendo soluciones a las problemáticas de infraestructura de transporte. En desarrollo de esta función, la Resolución 2451 de 2022 adoptó las *Especificaciones Generales de Construcción para la Regulación de Nuevas Tecnologías*, reconociendo que los avances en materiales, equipos y técnicas constructivas exigen la actualización de las especificaciones técnicas para garantizar la competitividad, la eficiencia y la sostenibilidad en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento. Asimismo, la Resolución 4561 de 2022 adoptó las *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras* como norma técnica aplicable a los proyectos de la Red Vial Nacional, incorporando nuevos artículos y actualizaciones complementarias. En cumplimiento de estas disposiciones, el INVIAS ha venido elaborando y actualizando documentos técnicos que regulan la aplicación de tecnologías convencionales y no convencionales en los proyectos a su cargo.

Este apéndice se formula en el marco técnico normativo vigente del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, con el propósito de orientar la implementación de las tecnologías aplicables en las actividades constructivas propias del contrato, durante las etapas de revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños y construcción del contrato de obra pública. Lo anterior, considerando que el departamento de La Guajira presenta condiciones geotécnicas, ambientales y logísticas que demandan soluciones técnicas acordes con su realidad territorial y en coherencia con la política de sostenibilidad de la Entidad. En ese sentido, se establecen los criterios técnicos para la identificación, validación, selección, evaluación, diseño e implementación de dichas tecnologías, conforme a los estándares de calidad, eficiencia y sostenibilidad para las vías de bajos volúmenes de tránsito.

Conforme al procedimiento establecido, toda tecnología no convencional aplicable y que se proponga implementar en el contrato de obra pública objeto del presente proceso, deberá someterse previamente al análisis de viabilidad técnica, económica y ambiental por parte del contratista, contar con la aprobación de la interventoría y aceptada por la Entidad a través del Supervisor del Contrato de Interventoría.

La identificación, validación, selección, evaluación, diseño e implementación de las nuevas tecnologías se constituye en un requisito contractual de obligatorio cumplimiento, orientado a promover la eficiencia y sostenibilidad del proyecto, en coherencia con la política institucional de sostenibilidad del INVIAS. Las disposiciones aquí establecidas hacen parte integral del contrato y su inobservancia podrá dar lugar a la aplicación de las medidas previstas en el Manual de Interventoría de Obra Pública vigente.

1. OBJETO

El presente apéndice tiene por objeto promover el uso y aprovechamiento de materiales de sitio o de préstamo, así como, la optimización logística en la cadena de suministro y transporte de materiales. Para ello, se establecen lineamientos para el uso de tecnologías convencionales y no convencionales, en las actividades de terraplenes, subrasantes mejoradas, capas granulares y capas de rodadura, entre otras, bajo criterios de viabilidad técnica, económica, ambiental y normativa aplicables en las vías de bajos volúmenes de tránsito a cargo del Instituto Nacional de Vías.

2. ALCANCE

Estas disposiciones aplican para las etapas revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños y construcción del contrato de obra pública objeto del presente proceso, en las cuales el contratista deberá identificar, evaluar, validar e implementar las tecnologías, bajo criterios de viabilidad técnica, económica, ambiental y normativa, debidamente verificados y aprobados por la interventoría y aceptados por la Entidad, en coherencia con sus fines institucionales.

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las disposiciones de este apéndice aplican a las vías de bajos volúmenes de tránsito, entendidas como aquellas que, por sus condiciones de tráfico y función, no requieren soluciones de altas especificaciones y con menos de 0.5 millones de ejes equivalentes de 80 kN según el Artículo 100 (Tabla 100-1) de la Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

4. IDENTIFICACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Para efectos del presente contrato, la identificación de las tecnologías aplicables deberá realizarse con base en la siguiente tabla de correspondencia técnica, la cual relaciona las nuevas tecnologías adoptadas mediante la Resolución INVIAS 2451 de 2022 con las especificaciones generales de construcción equivalentes contenidas en la Resolución 4561 de 2022, o en la norma que las modifique o sustituya.

Esta tabla constituye un instrumento técnico para el contratista, la interventoría y la Entidad, y podrá ser utilizada en todas las etapas del contrato como guía para la identificación, validación, selección, evaluación, diseño e implementación de las tecnologías convencionales y no convencionales.

En los casos en que se proponga la utilización de una tecnología no relacionada en la mencionada tabla de correspondencia técnica, el contratista podrá formular una especificación técnica particular, elaborada conforme al procedimiento interno definido por el INVIAS. Dicha especificación deberá contar con el concepto técnico favorable de la Interventoría y la aceptación escrita de la Entidad a través del Supervisor del Contrato de Interventoría, antes de su ejecución en obra.

1

Nueva tecnología (Resol. 2451 de 2022)	**Artículo EGCC equivalente (Resol. 4561 de 2022)**
237-22 Estabilización de suelo con productos químicos no tradicionales	230-22 Mejoramiento de subrasante; 232-22 Estabilización con geotextil; 233-22 Estabilización con geomallas; 235-22 Estabilización con cemento; 236-22 Estabilización con cal
323- Subbase granular con agregado siderúrgico	320-22 Subbase granular; 32122 Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural
418-22 Fibras sintéticas de aramida y poliolefina de refuerzo para mezcla asfáltica	450-22 Mezclas asfálticas en caliente
457- 22 Mezclas asfálticas prefabricadas almacenadas para parcheo de pavimentos asfálticos	450-22 Mezclas asfálticas en caliente; 44022 Mezclas asfálticas en frío
611- 22 Concreto celular para rellenos	220-22 Terraplenes; 311-22 Afirmado; 610-22 Rellenos para estructuras
Prefabricados de concreto reforzado de gran formato	630-22 Concreto estructural
633- 22 Estabilización de taludes con sistema combinado de muro plástico y anclajes	680-22 Muros de tierra estabilizada con paneles de concreto; 68122 Gaviones; 683-22 Muros con geosintéticos
685-22 Bolsas de geotextil gigantes (BGG)	681-22 Gaviones; 68022 Muros con paneles de concreto
686-22 Muro en suelo claveteado con paneles de concreto	681-22 Gaviones; 683-22 Muros con geosintéticos; 68022 Muros con paneles de concreto
687-22 Muros en suelo reforzado	681-22 Gaviones; 683-22 Muros con geosintéticos
702-22 Tachas reflectivas con espigo	701-22 Tachas reflectivas
703-22 Tachas electrónicas solares LED	701-22 Tachas reflectivas
801-22 Cercas y cerramientos con postes ecológicos	800-22 Cercas de alambre
840-22 Obras de ingeniería verde	810-22 Protección vegetal de taludes; 811-22 Control de erosión; 812-22 Recubrimiento de taludes con malla y mortero
850-22 Geobioingeniería	810-22 Protección vegetal; 811-22 Control de erosión; 812-22 Recubrimiento de taludes con malla y mortero; 674-22 Drenes horizontales

2

5. VALIDACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS APLICABLES

El presente capítulo establece el listado técnico de actividades para la aplicación en el marco del contrato, abarcando tanto tecnologías convencionales como no convencionales.

Enfoque general: El enfoque del presente capítulo se orienta a maximizar el aprovechamiento técnico y ambiental de los materiales de sitio o de préstamos autorizados, priorizando su estabilización y reutilización en las actividades de:

- Terraplenes
- Subrasantes mejoradas
- Capas granulares
- Capas de rodadura

Estas actividades podrán ejecutarse mediante el uso de productos convencionales (cemento, cal, emulsiones asfálticas) o no convencionales (polímeros, organosilanos, resinas, nanomateriales, agentes iónicos), siempre que su aplicación haya sido evaluada, aprobada y validada técnicamente conforme a los procedimientos del INVIAS.

También se permitirá la incorporación de materiales reciclados y sostenibles provenientes de procesos constructivos o de mantenimiento vial (RAP, RCD y subproductos industriales), previa demostración de su idoneidad técnica.

Complementariamente, el contratista deberá considerar y evaluar diferentes alternativas de capa de rodadura, en función de las condiciones del tránsito, las características climáticas, la disponibilidad local de materiales y los objetivos de desempeño definidos para el proyecto. Las opciones podrán incluir:

- **Tratamientos superficiales bituminosos** (simples o dobles), apropiados para vías de bajo y medio tránsito.
- **Mezclas asfálticas en caliente**, elaboradas con agregados naturales o reciclados.
- **Pavimentos en concreto hidráulico**, con o sin adiciones activas.
- **Nuevas tecnologías**, tales como sistemas híbridos, concretos reciclados, mezclas tibias y/o templadas, o soluciones con aditivos nanotecnológicos o ligantes modificados.

El conjunto de actividades se organizó en cuatro capítulos principales, de acuerdo con su función estructural dentro del sistema de pavimento y conforme a la clasificación adoptada por el Artículo 200 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS (2022). Así:

a. Materiales para terraplenes y subrasante mejorada

Incluye suelos naturales, materiales de préstamo y suelos mejorados mediante procesos de estabilización. Se consideraron:

- Estabilizaciones convencionales: Uso de cal, cemento y emulsión asfáltica.
- Estabilizaciones no convencionales: Aplicación de productos enzimáticos, polímeros, organosilanos, aceites sulfonados, sales orgánicas e inorgánicas, y materiales puzolánicos, en el marco de lo establecido en el Artículo 237-22 del INVIAS y la Resolución 2451 de 2022.
- Suelos con adición de subproductos industriales: Como cenizas, escorias y materiales agrícolas residuales, en coherencia con las políticas de economía circular del CONPES 3934 de 2018 y las directrices del Ministerio de Transporte (2023) sobre materiales reciclados.

b. Materiales para capas granulares

Comprende bases y subbases elaboradas con materiales pétreos naturales o reciclados, tratados o no con estabilizantes. Se contemplaron:

- Materiales granulares estabilizados con productos convencionales y no convencionales.
- Materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica o cementos modificados.
- Agregados siderúrgicos y otras fuentes secundarias con certificación de idoneidad técnica.
- Geoceldas rellenas con materiales de sitio, RAP o RCD, utilizadas como elemento de confinamiento y refuerzo estructural.

c. Materiales reciclados y sostenibles

Incluye tecnologías y materiales que favorecen la reducción del impacto ambiental, el aprovechamiento de residuos y la mejora de la huella de carbono del proyecto:

- RAP (Reclaimed Asphalt Pavement): Reutilización en mezclas en caliente o como parte de capas estabilizadas.
- RCD (Residuos de Construcción y Demolición): Empleados en capas granulares y terraplenes, previa clasificación y control de calidad.
- Escorias siderúrgicas, cenizas volantes y subproductos agrícolas e industriales.

d. Capas de rodadura

Se analizaron diversas alternativas tecnológicas, de acuerdo con las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS:

- Tratamientos superficiales simples, dobles y triples, para vías de bajo y medio tránsito.
- Mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con agregados naturales o reciclados.
- Pavimentos en concreto hidráulico, con y sin adiciones activas.
- Nuevas tecnologías: sistemas híbridos, concretos reciclados, mezclas templadas y soluciones con aditivos nanotecnológicos o ligantes modificados.

El resultado del ejercicio permite contar con un portafolio técnico estructurado de alternativas que permitan la selección final de las actividades a ser consideradas en la etapa de revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños.

La selección de las alternativas durante la etapa de revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños deberá sustentarse mediante una matriz de evaluación multicriterio, considerando la factibilidad técnica, los costos, la disponibilidad de materiales, la sostenibilidad y el desempeño esperado y las condiciones del territorio.

A continuación, se presenta la tabla resumen con el listado de actividades propuestas para la definición de las estructuras:

Tabla 1. Conjunto de actividades para conformación de terraplenes y subrasantes estabilizadas con productos convencionales y no convencionales, materiales granulares y capas de rodadura

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
Materiales para terraplenes y subrasante mejorada	Material de préstamo seleccionado	m³	Extracción, transporte y extendido de material granular natural conforme a INVIAS 210-22. Usado en terraplenes y subrasantes mejoradas.	Debe contar con certificación de fuente y ensayo de control de calidad INV E.
	Extensión y compactación de material granular natural	m³	Compactación de capas uniformes de material granular natural en subrasante o subbase sin estabilizar.	
	Estabilización de materiales con cemento	m³	Estabilización de material granular o suelo con adición de cemento según INVIAS 350-22.	Cumplir con lo establecido con el Art. 350-22 o Art. 235-22
	Estabilización de materiales con cal hidratada o viva	m³	Tratamiento de suelos arcillosos con cal viva o hidratada para mejorar plasticidad y resistencia. Aplicable a terraplenes y subrasante.	Art. 236-22.
	Estabilización de materiales con emulsión asfáltica	m³	Uso de emulsión asfáltica tipo CSS-1h o CRS-2 para base o subbase estabilizada. Mejora cohesión y flexibilidad.	Referenciar Art. 340-22 y Especificación general o particular de Materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica
	Estabilización de materiales con emulsiones enzimáticas (Tipo 1)	m³	Aplicación de polímeros acrílicos o vinílicos conforme al Art. 237-22, que generan unión molecular en los finos del suelo, aumentando resistencia y durabilidad.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con materiales puzolánico (Tipo 2)	m³	Aditivo orgánico proveniente de la industria papelera, que mejora cohesión y reduce erosión superficial.	Art. 237-22 (INVIAS)

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
	Estabilización de materiales con Polímeros y organosilanos (Tipo 3)	m³	Enzimas que modifican la estructura interna de las partículas finas aumentando su densidad y capacidad portante.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Sales Inorgánicas (Tipo 4)	m³	Uso de productos iónicos que reducen la capacidad de absorción de agua de suelos arcillosos.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Aceites sulfonados – sales orgánicas (Tipo 5)	m³	Agentes que actúan como selladores moleculares reduciendo permeabilidad y mejorando durabilidad.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Geoceldas rellenas con material de sitio,	m²	Estructuras tridimensionales de polímeros geosintéticos (geoceldas) que se llenan con material de sitio o suelos marginales estabilizados, para mejorar la capacidad de carga, confinamiento lateral y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.
Materiales para capas granulares	Material de préstamo seleccionado	m³	Extracción, transporte y extendido de material granular natural conforme a INVIAS 210-22. Usado en terraplenes y subrasantes mejoradas.	Debe contar con certificación de fuente y ensayo de control de calidad INV E.
	Estabilización de materiales con cemento	m³	Estabilización de material granular o suelo con adición de cemento según INVIAS 350-22.	Cumplir con lo establecido con el Art. 350-22 o Art. 235-22
	Estabilización de materiales con cal hidratada o viva	m³	Tratamiento de suelos arcillosos con cal viva o hidratada para mejorar plasticidad y resistencia. Aplicable a terraplenes y subrasante.	Art. 236-22.
	Estabilización de materiales con emulsión asfáltica	m³	Uso de emulsión asfáltica tipo CSS-1h o CRS-2 para base o subbase estabilizada. Mejora cohesión y flexibilidad.	Referenciar Art. 340-22 y Especificación general o particular de Materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica
	Estabilización de materiales con emulsiones	m³	Aplicación de polímeros acrílicos o vinílicos conforme al Art. 237-22, que generan unión molecular en	Art. 237-22 (INVIAS)

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
	enzimáticas (Tipo 1)		los finos del suelo, aumentando resistencia y durabilidad.	
	Estabilización de materiales con materiales puzolánico (Tipo 2)	m³	Aditivo orgánico proveniente de la industria papelera, que mejora cohesión y reduce erosión superficial.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Polímeros y organosilanos (Tipo 3)	m³	Enzimas que modifican la estructura interna de las partículas finas aumentando su densidad y capacidad portante.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Sales Inorgánicas (Tipo 4)	m³	Uso de productos iónicos que reducen la capacidad de absorción de agua de suelos arcillosos.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Aceites sulfonados – sales orgánicas (Tipo 5)	m³	Agentes que actúan como selladores moleculares reduciendo permeabilidad y mejorando durabilidad.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Geoceldas rellenas con material de sitio	m²	Estructuras tridimensionales de polímeros geosintéticos (geoceldas) que se llenan con material de sitio o suelos marginales estabilizados, para mejorar la capacidad de carga, confinamiento lateral y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.
	Material granular con RAP	m³	Combinación de material granular con RAP (15–50%), aportando cohesión y reduciendo uso de material virgen.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares. Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP
	Material granular con RCD procesado	m³	Uso de agregados reciclados de RCD clasificados y triturados. Control de plasticidad, tamaño máximo y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
	Material granular estabilizada con mezcla suelo-cemento-RAP	m³	Mezcla de suelo local, RAP y cemento (2–4%) para capas estructurales de alta capacidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares. Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP
	Geoceldas rellenas con material de sitio, RCD, RAP	m²	Estructuras tridimensionales de polímeros geosintéticos (geoceldas) que se llenan con material de sitio, RAP, RCD o suelos marginales estabilizados, para mejorar la capacidad de carga, confinamiento lateral y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.
	Material granular con RAP	m³	Combinación de material granular con RAP (15–50%), aportando cohesión y reduciendo uso de material virgen.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares. Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP
	Material granular con RCD procesado	m³	Uso de agregados reciclados de RCD clasificados y triturados. Control de plasticidad, tamaño máximo y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.
	Material granular estabilizada con mezcla suelo-cemento-RAP	m³	Mezcla de suelo local, RAP y cemento para capas estructurales de alta capacidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares. Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP
Capas de rodadura	Tratamiento Superficial Simple o Doble	m²	Aplicación de una o dos capas de ligante asfáltico con aplicaciones de agregado pétreo, según el Art. 430-22 de las EGCC. Permite una rodadura económica y adecuada para vías de bajo tránsito.	Art. 430-22

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
	Lechada asfáltica	m²	También llamado Slurry Seal, consiste en la elaboración de una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta, convencional o modificada con polímeros, llenante mineral y, eventualmente, aditivos, según el Art. 433-22 de las EGCC. Permite una rodadura económica y adecuada para vías de bajo tránsito.	Art. 433-22
	Mezcla Asfáltica Densa en Caliente	m³	Mezcla elaborada con agregados triturados y ligante asfáltico convencional o modificado, según el Art. 450 de las EGCC. Su aplicación ofrece una superficie de rodadura de alta durabilidad, puede ser modificada con GCR, polímeros, o fibras	Art. 450-22
	Concreto Hidráulico para Pavimentos	m³	Capa estructural rígida conformada por concreto hidráulico, según el Art. 500 de las EGCC. Puede incluir cementos con adiciones minerales o fibras de refuerzo.	Art. 500-22

Recubrimientos e impermeabilización de terraplenes: Dadas las condiciones climáticas de la región y la necesidad de garantizar la estabilidad y durabilidad de los terraplenes y taludes, se deberá incorporar en el diseño la implementación de elementos de protección superficial o sistemas de impermeabilización, con el fin de controlar la infiltración de agua, minimizar procesos erosivos y preservar la integridad estructural del terraplén.

Estos elementos podrán incluir geosintéticos impermeables (geomembranas o geocompuestos drenantes), tratamientos con emulsiones bituminosas, coberturas vegetales estabilizadas o mezclas sellantes, seleccionadas en función de las condiciones hidráulicas y geotécnicas del sitio.

La selección del sistema de protección deberá justificarse técnicamente mediante análisis de estabilidad, durabilidad e interacción suelo–agua, conforme a lo establecido en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS (2022), y demás documentos técnicos como el Manual de Estabilidad de Taludes del INVIAS. A continuación, se presentan las recomendaciones generales para recubrimientos e impermeabilización de terraplenes.

Tabla 2. Recomendaciones generales para recubrimientos e impermeabilización de terraplenes

Capitulo	Actividad / Material	Unidad	Observaciones
Recubrimientos e Impermeabilización de Terraplenes	Protección Vegetal de Taludes	m^2	Articulo 810 -22
	Protección de Taludes con Productos Enrollados para el control de erosión	m^2	Articulo 811 -22
	Obras de ingeniería verde	m^2	Articulo 840 -22
	Geobioingeniería	m^2	Articulo 850 -22

6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El contratista deberá realizar la evaluación técnica y económica comparativa de las alternativas aplicables a las actividades de terraplenes, subrasantes mejoradas, capas granulares y capas de rodadura, con el fin de determinar la opción más adecuada a las condiciones del proyecto.

Para cada una de estas actividades, el contratista deberá formular y analizar al menos tres (3) alternativas de diseño y construcción. En caso de no ser posible alcanzar dicho número, deberá justificar técnica y documentalmente las limitaciones que lo impiden, exponiendo las razones técnicas, económicas o regulatorias que sustenten la imposibilidad. Esta justificación deberá contar con concepto técnico de la Interventoría y aceptación escrita de la Entidad a través del Supervisor del Contrato de Interventoría.

Las alternativas deberán contemplar, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Aprovechamiento responsable de materiales de sitio o de préstamo, mediante procesos de mejoramiento, estabilización u otras técnicas existentes.

- Incorporación de nuevas tecnologías o tecnologías no convencionales

- Optimización logística en la cadena de suministro y transporte de materiales, priorizando la eficiencia en costos y la reducción de impactos ambientales.

Cada alternativa deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

- Análisis técnico, financiero, ambiental y de sostenibilidad que demuestre la viabilidad de la alternativa.
- Estimación de cantidades de obra y análisis de precios unitarios

Evaluación y aprobación: Las alternativas presentadas deberán ser revisadas y aprobadas por la Interventoría, quien verificará su pertinencia técnica y cumplimiento normativo. Ninguna alternativa podrá implementarse sin aprobación escrita de la Interventoría y aceptación formal por parte de la Entidad. Toda decisión deberá quedar soportada en los estudios, diseños o actualizaciones del proyecto, incluyendo las memorias de cálculo, fichas técnicas y justificaciones de selección o descarte.

Uso de materiales de sitio o de préstamo: El contratista deberá priorizar el uso de materiales de sitio, siempre que su calidad y disponibilidad sean compatibles con los requerimientos técnicos del proyecto. Para ello, deberá obtener previamente todas las licencias, permisos o autorizaciones exigidas por la normativa vigente para su exploración, explotación, transporte y disposición, asumiendo de manera integral las responsabilidades derivadas de su gestión.

Caracterización geotécnica: El contratista deberá ejecutar apiques y muestreos en puntos estratégicos definidos juntamente con la Interventoría, suficientes para caracterizar la heterogeneidad del terreno. Las muestras obtenidas deberán ser analizadas en laboratorio acreditado, para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo (granulometría, límites de Atterberg, capacidad de soporte, rigidez, entre otros), conforme a las Especificaciones Generales de Construcción vigentes. Los resultados de dichos análisis orientarán la selección final de la tecnología o solución constructiva más adecuada. Estas actividades deberán ejecutarse dentro de las etapas de planeación.

7. LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO

El presente capítulo constituye una herramienta metodológica que orienta la toma de decisiones técnicas durante las fases de revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños y construcción de las vías incluidas en el contrato objeto del presente proceso. Su aplicación se fundamenta en las actividades definidas durante la etapa de evaluación de alternativas y en las condiciones geotécnicas, ambientales y logísticas propias del departamento de La Guajira, las cuales demandan soluciones técnicas adaptadas a su contexto territorial, en coherencia con la política institucional de sostenibilidad del Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

El enfoque de diseño prioriza el aprovechamiento de los materiales locales y de sitio, promoviendo su estabilización mediante tecnologías convencionales (cemento, cal, emulsiones asfálticas) y no convencionales (polímeros, organosilanos, resinas, nanomateriales y agentes iónicos), así como la incorporación de materiales reciclados provenientes de procesos constructivos o de mantenimiento vial (RAP, RCD y subproductos industriales). Este enfoque contribuye a la optimización de recursos, al fortalecimiento de la economía circular y a la sostenibilidad técnica y ambiental de las soluciones constructivas.

La metodología adoptada permite formular diferentes alternativas estructurales de pavimento, ajustadas a las condiciones de tránsito, clima, disponibilidad de materiales y requerimientos de desempeño. Las cartas de diseño correspondientes a pavimentos con recubrimiento asfáltico, rodadura asfáltica delgada y pavimentos de concreto constituyen la base técnica para la selección de soluciones constructivas eficientes, seguras y sostenibles, en concordancia con las especificaciones y criterios de desempeño definidos por el INVIAS.

Complementariamente, el diseño deberá considerar alternativas de capa de rodadura en función de las condiciones operacionales del proyecto y los objetivos de desempeño establecidos. Las opciones incluyen tratamientos superficiales bituminosos (simples o dobles), mezclas asfálticas en caliente, concretos hidráulicos y otras tecnologías innovadoras que cumplan con las especificaciones técnicas vigentes y los estándares de calidad y durabilidad requeridos.

La incorporación de tecnologías no convencionales y sostenibles dentro del proceso de diseño constituye una oportunidad para fortalecer la capacidad institucional y técnica, promoviendo soluciones de alto desempeño, menor impacto ambiental y mayor vida útil. Su aplicación deberá estar sustentada en ensayos de laboratorio, modelaciones estructurales y verificaciones de campo que demuestren su idoneidad bajo las condiciones específicas del territorio guajiro.

En la fase de diseño definitivo, el contratista deberá desarrollar los estudios y ensayos complementarios necesarios para validar la idoneidad de las alternativas seleccionadas, conforme a los parámetros de calidad, eficiencia y sostenibilidad establecidos en el contrato. Las propuestas que integren el uso de materiales reciclados, estabilizantes no convencionales o innovaciones tecnológicas comprobadas podrán ser consideradas como valor agregado dentro de la evaluación técnica y económica del proyecto, siempre que cuenten con la aprobación de la interventoría y cumplan los requisitos de viabilidad técnica, ambiental y normativa definidos por el INVIAS.

Este conjunto de lineamientos busca garantizar que las soluciones de diseño sean técnicamente sólidas, ambientalmente responsables y económicamente eficientes, respondiendo a las particularidades del territorio y contribuyendo al desarrollo sostenible de la infraestructura vial del departamento de La Guajira.

7.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

El presente apartado define la metodología de diseño de pavimentos para carreteras con bajos niveles de tránsito – NT1, cuyo número de ejes simples acumulados en el periodo de diseño – NESE es menor que 0.5 millones.

En los numerales subsiguientes se establecen los parámetros a considerar en el diseño.

7.1.1. HUMEDAD

Para bajos volúmenes de tránsito, el diseño debe considerar cada uno de los siguientes factores para asegurar, en la forma más realista posible, que las pruebas de capacidad de soporte de la subrasante sean realizadas con un contenido de humedad que represente las condiciones de servicio:

- La clasificación climática, según el Índice de Thornthwaite (Invías, 2008);
- La susceptibilidad del suelo frente a variaciones de humedad;
- La permeabilidad de la superficie de rodadura;
- La permeabilidad relativa de las capas del pavimento;
- El revestimiento o no de las bermas;
- El tipo de vegetación en separadores o taludes;
- La sección transversal (corte o relleno);
- La profundidad del nivel freático;
- La provisión de subdrenaje (subdrenes, capas drenantes, etc.) y;
- El drenaje superficial (efectividad de cunetas, alcantarillas, zanjas de coronación, etc.).

7.1.2. SUBRASANTE

Para este tipo de pavimentos, es posible utilizar información de referencia o correlaciones entre las propiedades mecánicas de los materiales. En consecuencia, las propiedades mecánicas de la subrasante pueden ser evaluadas mediante ensayos de capacidad de soporte – CBR.

Para el diseño mecánico–empírico de las estructuras, se utiliza la siguiente ecuación como correlación entre la capacidad de soporte y el módulo resiliente de la subrasante (NCHRP, 2004):

$$E_s = 17.6 \cdot CBR^{0.64}$$

Donde:
E_s: módulo de la subrasante, MPa
CBR: capacidad de soporte de la subrasante, %

7.1.2.1. Mejoramiento de la subrasante

Cuando la propiedad mecánica de la subrasante (Es) sea menor que 30 MPa, o su equivalente en términos de CBR, es necesaria la construcción de una capa de mejoramiento mecánico para la obtención de la plataforma constructiva de las capas y de largo plazo para el pavimento. La
Tabla 3 contiene los espesores y CBR de granular (hg, CBRg) necesarios para la obtención del CBR equivalente de la plataforma (CBRe) en función del CBR del suelo de subrasante (CBRs).

Este procedimiento puede ser utilizado cuando se requiera calcular el módulo equivalente sobre un terraplén, ingresando con la altura de relleno/granular y el CBR de la subrasante para obtener el CBR equivalente.

Tabla 3. Espesores para mejoramiento de la subrasante

CBR equivalente, CBRe (%)	CBR de la subrasante, CBRs (%)	CBR del material granular CBRg, %					
		5	10	15	20	30	50
		Espesor del material granular hg (mm)					
3	0.5	0.5	750	500	450	400	350
	1.0	1.0	650	400	350	300	250
	1.5	1.5	550	300	250	—	—
	2.0	2.0	400	—	—	—	—
5	0.5	—	700	600	550	450	400
	1.0	—	650	500	450	400	300
	1.5	—	600	450	400	350	250
	2.0	—	550	400	350	300	—
	3.0	—	400	300	250	—	—
	4.0	—	250	—	—	—	—
7	0.5	—	850	700	650	550	450
	1.0	—	800	650	600	500	400
	1.5	—	800	600	550	450	350
	2.0	—	750	550	500	400	300
	3.0	—	700	500	400	300	250

CBR equivalente, CBRe (%)	CBR de la subrasante, CBRs (%)	CBR del material granular CBRg, %					
		5	10	15	20	30	50
		Espesor del material granular hg (mm)					
	4.0	—	600	400	300	250	—
	5.0	—	450	300	—	—	—
10	0.5	—	—	850	750	650	550
	1.0	—	—	800	700	600	500
	1.5	—	—	800	700	550	450
	2.0	—	—	750	650	500	400
	3.0	—	—	700	600	450	350
	4.0	—	—	650	550	400	300
	5.0	—	—	600	450	350	250
	7.0	—	—	450	300	—	—
15	0.5	—	—	—	900	750	650
	1.0	—	—	—	850	750	600
	1.5	—	—	—	850	700	550
	2.0	—	—	—	850	700	550
	3.0	—	—	—	800	650	500
	4.0	—	—	—	800	600	450
	5.0	—	—	—	750	550	400
	7.0	—	—	—	700	500	350
	10	—	—	—	550	350	—
20	0.5	—	—	—	—	850	700
	1.0	—	—	—	—	850	700
	1.5	—	—	—	—	800	650
	2.0	—	—	—	—	800	650
	3.0	—	—	—	—	800	600
	4.0	—	—	—	—	750	550
	5.0	—	—	—	—	750	550
	7.0	—	—	—	—	700	500
	10	—	—	—	—	600	400

En caso de utilizar estabilización química de suelos/materiales, es posible utilizar la Tabla 3 para definir el CBR equivalente (CBRe), con el CBR de la capa estabilizada haciendo las veces del CBR del granular (CBRg).

Una vez definido el CBR de la subrasante (CBRs) o el de la subrasante equivalente (CBRe), se procede al uso de las Cartas de diseño, ingresando con la propiedad mecánica de la subrasante, catalogada como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Capacidad de soporte de la subrasante

Subrasante	Propiedades mecánicas	
	CBR (%)	Módulo (MPa)
1	3	35
2	5	50
3	7	60
4	10	75
5	15	100
6	20	120

7.1.3. TRÁNSITO

Para los pavimentos asfálticos, el efecto del tránsito puede ser analizado en términos de ejes equivalentes – NESE. Para los pavimentos de concreto, se debe realizar por grupos de ejes y cargas.

7.1.4. PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño, en el caso de los pavimentos de bajo nivel de tránsito, se encuentra definido a continuación:

- Pavimentos asfálticos: periodo de diseño de 10 años
- Pavimentos de concreto: periodo de diseño de 20 años

7.1.5. DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

7.1.5.1. Mecanismo de falla

Dado que la fatiga inducida por carga es poco frecuente en pavimentos de bajo tránsito, este mecanismo de deterioro no se considera determinante en el diseño estructural. Es el ahuellamiento el mecanismo de falla considerado para la obtención de los espesores.

Las funciones de transferencia utilizadas para el control del ahuellamiento son las siguientes:

- Deformación de compresión en la subrasante (Shell, 1986):

$$\varepsilon_v = 0.021 \cdot N^{-0.25}$$

Donde:
ε_v: deformación admisible por compresión
N: repeticiones de carga

- Esfuerzo de compresión en la subrasante (Heukelom y Klomp, 1962):

$$\sigma_z = \frac{0.007 \cdot E_s}{1 + 0.7 \cdot logN}$$

Donde:
σz: esfuerzo máximo de compresión sobre la subrasante, MPa
Es: módulo de la subrasante, MPa

N: repeticiones de carga

7.1.5.2. Materiales

Los materiales para considerar en diseño estructural del pavimento se encuentran enunciados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del presente documento.

7.1.5.2.1. Recubrimientos asfálticos

Para los pavimentos asfálticos de bajo volumen de tránsito, se considera recubrimientos asfálticos del tipo tratamiento superficial y lechadas asfálticas, especificados en su calidad por los Artículos 430 y 433 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – EGCC.

En caso de utilizar mezcla asfáltica como rodadura, es deseable que las mezclas sean menos permeables (menor contenido de vacíos) y más durables, debido a la menor probabilidad de compactación adicional después de la construcción y la prevalencia de mecanismos de falla asociados con el envejecimiento del ligante, más que con las cargas de los vehículos.

7.1.5.2.2. Materiales intermedios (Ligados o No Ligados)

La propiedad mecánica requerida para el diseño es la capacidad de soporte – CBR.

Como alternativas para pavimentos de carreteras con bajo volumen de tránsito y ambientes secos, pueden ser utilizados materiales no convencionales. Antes de su uso, deben considerarse los siguientes aspectos:

- Historial documentado de desempeño del material propuesto
- Costos de ciclo de vida frente a los materiales estándar
- Proyecciones de tránsito durante el período de diseño
- Condiciones climáticas locales y sensibilidad a la humedad
- Calidad y uniformidad verificadas mediante ensayos de laboratorio
- Riesgos y consecuencias de un desempeño deficiente

En general, los materiales marginales presentan menor rigidez y durabilidad, y mayor sensibilidad a la humedad, con respecto a los materiales granulares estándar. Para su utilización, es necesaria asesoría especializada de parte de los proveedores en la selección de procedimientos adecuados de caracterización de laboratorio y métodos constructivos.

Para el material superficial (ligado o no ligado) se recomienda un mínimo de 100 mm de espesor y un CBR mínimo de 80 %.

7.1.5.2.3. Módulo de los materiales intermedios

El módulo asignado a una capa no debe superar aproximadamente tres veces el módulo de la capa de soporte, con el fin de evitar la descompactación de la misma. Este criterio permite garantizar una mejor estabilidad estructural, evitando deformaciones prematuras y preservando la capacidad portante del sistema de pavimento.

Para estimar el módulo máximo de un material intermedio, se utiliza la ecuación de Barker y Brabston (Tabla 5)

$$E_{máx} = E_s \cdot \left[1 + 10.52 \cdot log\left(h_g\right) - 2.1 \cdot log(E_s) \cdot log\left(h_g\right)\right]$$

Donde:
$E_{máx}$: módulo máximo del granular, psi
E_s: módulo de la subrasante, psi
h_g: espesor del material granular, in
1 in= 25.4 mm; 1 psi= 0.007 MPa

Tabla 5. Módulo máximo de los materiales intermedios

Módulo de la subrasante (MPa)	**Espesor del material intermedio (mm)**				
	100	**200**	**300**	**400**	**500**
	Módulo máximo Emáx (MPa)				
35	90	120	140	150	160
50	120	160	180	190	210
60	140	180	200	220	230
75	170	210	240	260	270
100	210	260	290	310	330
120	240	290	330	350	370

El módulo de los granulares depende de las características propias del material, del nivel de esfuerzos al que está sometido y, en menor proporción, del módulo de las capas subyacentes. Como consecuencia, el módulo tiende a disminuir con la profundidad, en un grado influenciado directamente por el módulo de la subrasante.

Para el caso de los bajos volúmenes de tránsito, se utiliza la relación modular de las capas subyacentes, con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$R = \left[\frac{E_{máx}}{E_s}\right]^{1/5}$$

Donde:
$E_{máx}$: módulo máximo del granular, MPa
E_s: módulo de la subrasante, MPa

Con este método, el espesor total de los materiales intermedios se divide en cinco (5) subcapas y el módulo de cada subcapa se calcula a partir del módulo de la capa subyacente, comenzando con la subrasante hasta llegar a la capa más superficial. Esta subdivisión es necesaria por lo inconveniente de utilizar un único módulo para capas granulares gruesas.

A continuación, se presenta un esquema donde se ilustra el uso de los materiales recomendados para el diseño de las estructuras de pavimentos, según lo expresado en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**., y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

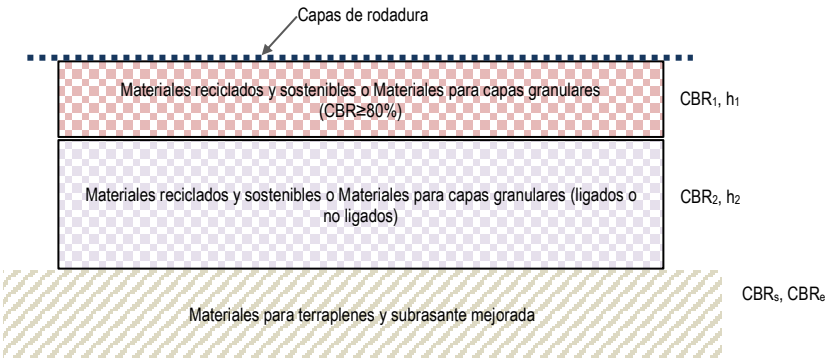


Figura 1. Esquema general para el uso de materiales para el diseño de estructura de pavimento de bajos volúmenes de tránsito.

7.1.5.3. Cartas de diseño – Pavimentos con recubrimiento asfáltico

Se considera dos alternativas para los pavimentos asfálticos de bajo volumen de tránsito: con recubrimiento asfáltico o con rodadura asfáltica delgada. La primera de ellas se ilustra en la Figura 2.

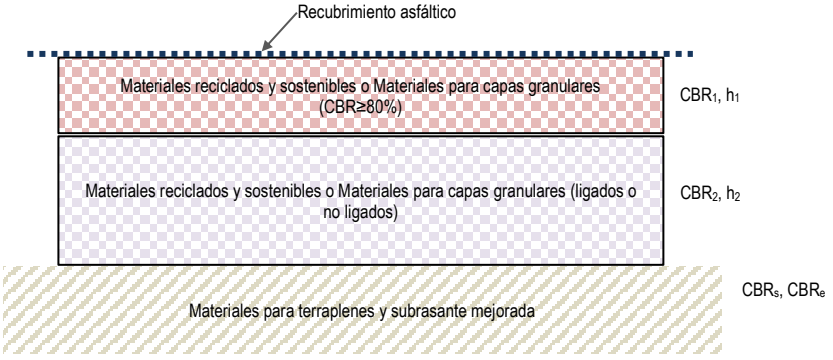


Figura 2. Alternativa de pavimento con recubrimiento asfáltico

Los recubrimientos asfálticos incluidos en las EGCC son:

- Artículo 430: Tratamientos superficiales
- Artículo 433: Lechada asfáltica

La Figura 3 Figura 3 representa la Carta de diseño para la obtención de los espesores de material granular para la alternativa con recubrimiento asfáltico (tratamiento superficial o lechada asfáltica).

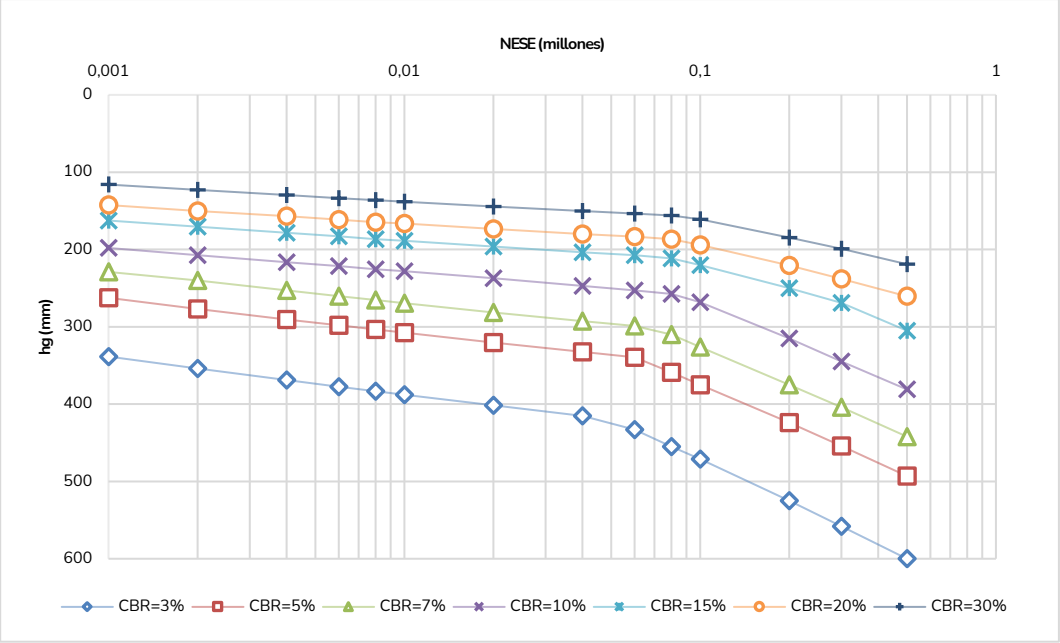


Figura 3. Carta de diseño – Pavimento asfáltico con recubrimiento

La Carta permite utilizar más de un granular, buscando aprovechar materiales existentes o disponibles en la zona con menores propiedades que las de los granulares no ligados de especificación. En cualquier caso, el granular más superficial debe garantizar un CBR≥ 80 %.

A manera de ejemplo, para un NESE de 0.2 millones, proyectados durante el periodo de diseño, y una subrasante de CBRs= 3 %, se tiene un espesor de granulares de 530 mm. En caso de contar con un granular (CBR= 30 %) y relleno (CBR= 10 %), el espesor total de granular se divide como sigue y la estructura sería:

- Recubrimiento asfáltico (Tratamiento superficial o Lechada asfáltica)
- 530 mm de espesor total de granular, divididos como (Figura 4):
  -180 mm de base granular, CBR≥ 80 %
  -140 mm de subbase granular, CBR≥ 30 %
  -200 mm de relleno, CBR≥ 10 %

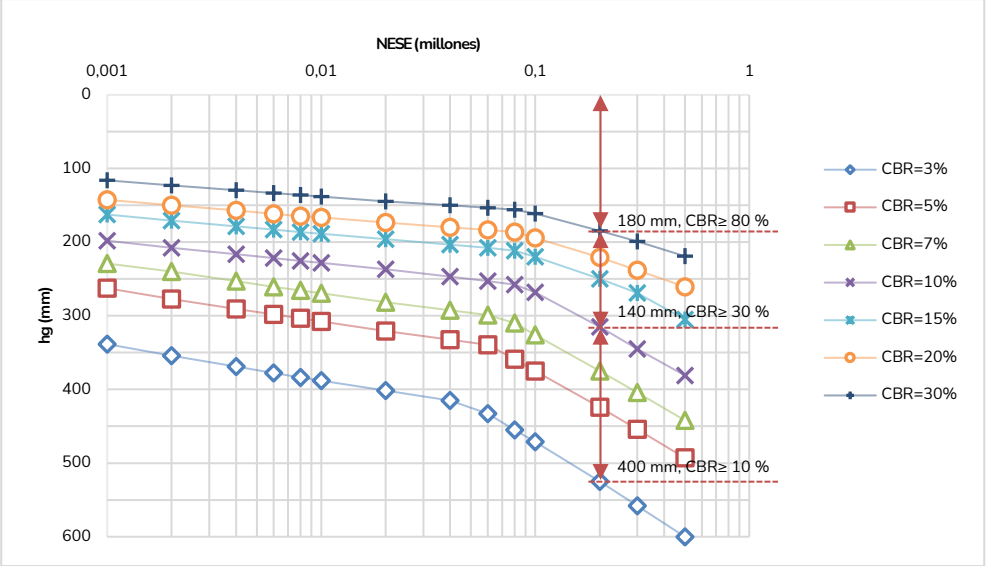


Figura 4. Ejemplo de división del granular con recubrimiento asfáltico

7.1.5.4. Cartas de diseño – Pavimentos con rodadura asfáltica delgada

Como alternativa a los recubrimientos asfálticos del Numeral 7.1.5.3, el Manual considera una capa de rodadura delgada de 40 mm con mezcla densa en caliente de tipo MDC-19, espesor acorde con el mínimo definido en las EGCC en función del tamaño máximo nominal (Figura 5).

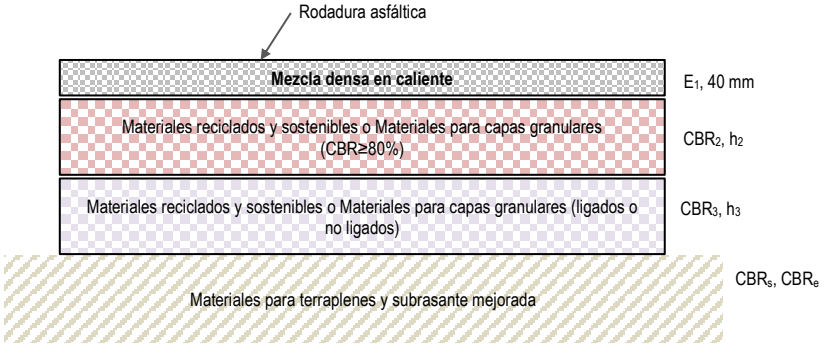


Figura 5. Alternativa de pavimento con rodadura asfáltica delgada

Para las capas asfálticas, se utilizó el módulo de mezcla densa en caliente acorde con los valores de referencia, la temperatura media ponderada del aire y frecuencia de 5 Hz; esto es, una velocidad de diseño de 30 km/h (Tabla 6).

Tabla 6. Módulos de mezcla asfáltica para pavimentos asfálticos

Temperatura media del aire (°C)	Temperatura de servicio en el	Módulo de la mezcla f=5 Hz (MPa)

	pavimento (°C)	
27	40	1,000

La Figura 6 corresponde a la carta de diseño para la obtención de los espesores de Los materiales intermedios (ligados o no ligados) bajo los 40 mm de mezcla asfáltica de rodadura.

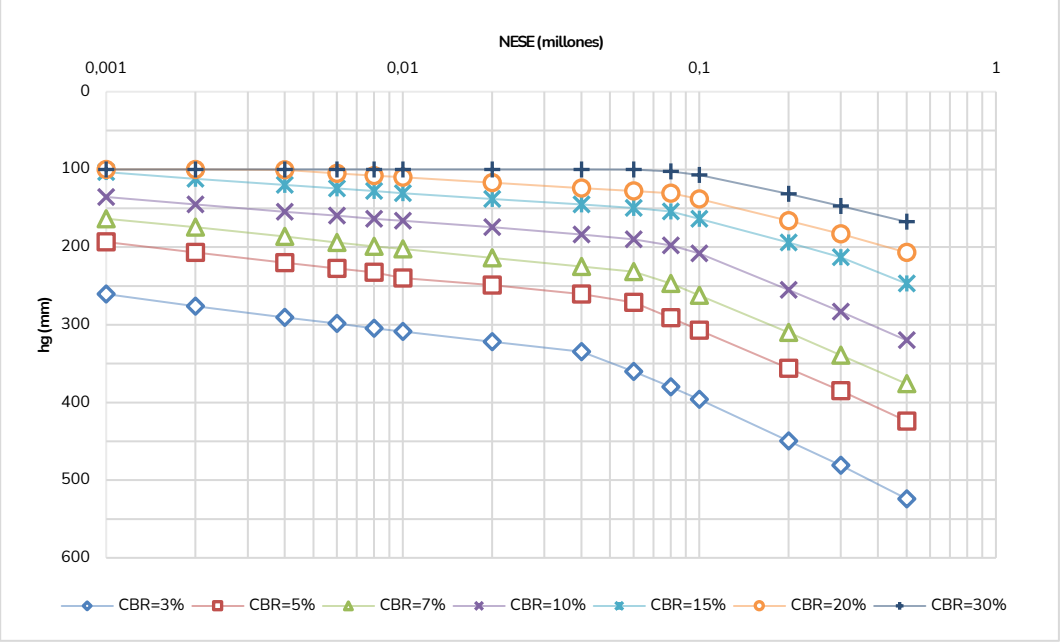


Figura 6. Carta de diseño – Pavimento asfáltico con rodadura delgada (Ta= 27 °C)

Las Cartas permiten utilizar más de un material, buscando aprovechar materiales existentes o disponibles en la zona con menores propiedades que las de los granulares no ligados de especificación. En cualquier caso, el granular más superficial debe garantizar CBR≥ 80 %.

Para los datos del ejemplo del Numeral 7.1.5.3 y una temperatura media del aire de 27 °C (40 °C de temperatura de servicio en el pavimento), una alternativa de estructura con rodadura asfáltica delgada sería:

- 40 mm de mezcla densa en caliente
- 450 mm de espesor total de granular, divididos como (Figura 7):
  -130 mm de granular (ligado o no ligado), CBR≥ 80 %
  -120 mm de granular (ligado o no ligado), CBR≥ 30 %
  -200 mm de granular (ligado o no ligado), CBR≥ 10 %

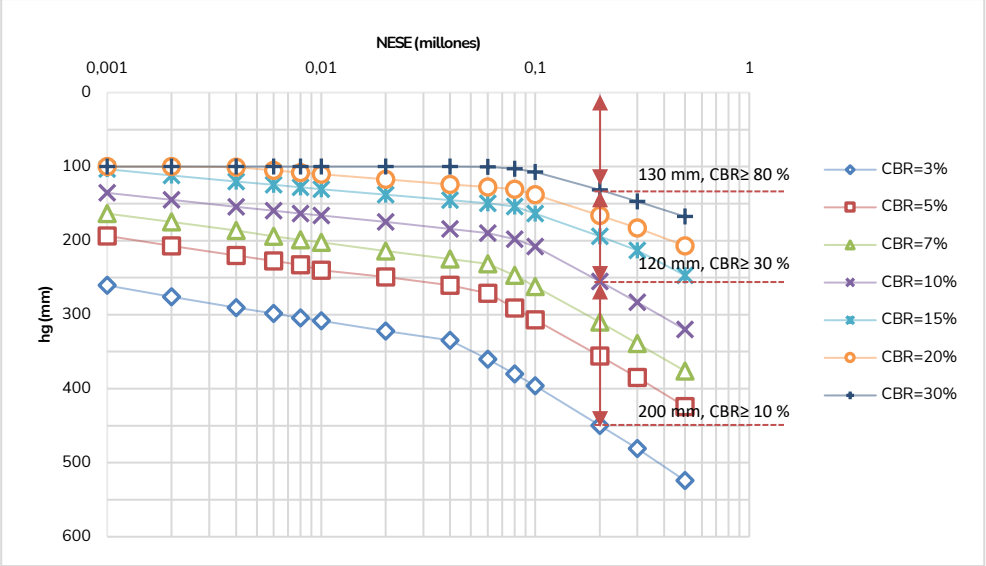


Figura 7. Ejemplo de división del granular con rodadura asfáltica delgada

7.1.6. DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

En el caso de los pavimentos de concreto de bajo volumen de tránsito, el Manual considera losas de concreto apoyadas sobre granulares no ligados, con las propiedades de calidad y procesos constructivos definidos en el Artículo 500 de las EGCC.

7.1.6.1. Mecanismo de falla

Cuando se trata de carreteras de bajo volumen de tránsito, el daño por erosión puede ser ignorado en el diseño; es decir, únicamente se considera el agrietamiento por fatiga.

7.1.6.2. Concreto hidráulico

La resistencia a la flexión mínima establecida en función del nivel de tránsito en el Artículo 500 de las EGCC para el concreto para pavimentos, corresponde a un módulo de rotura de 3.8 MPa.

7.1.6.3. Material de soporte

Se contempla materiales no ligados como subbase de los pavimentos para NT1. El uso de materiales ligados únicamente aplicaría en caso de que se pretenda aprovechar materiales del sitio y compensar cierta debilidad en sus agregados con la incorporación del algún tipo de ligante.

Para el diseño de los pavimentos de concreto destinados a bajos volúmenes de tránsito, se ignora el concepto de módulo de reacción compuesto y se dimensiona la losa sobre la propiedad mecánica de la subrasante (CBRs, Es–Ee o ks).

El material de soporte de la losa tendrá un espesor de 150 mm.

7.1.6.4. Soporte lateral

El soporte lateral de la losa debe ser especialmente analizado, considerando para ello:

- Con ancho de carril igual o menor que 3.65 m, o bermas pavimentadas en concreto asfáltico, no debe ser considerando el efecto del soporte lateral.
- El soporte lateral puede ser considerado en alguna de las tres condiciones siguientes:
  -Losa del ancho del carril más berma de 1.5 m de ancho, en concreto y anclada;
  -Losa del ancho del carril más 0.60 m (2 ft);
  -Bordillos construidos con concreto de resistencia consistente con la del pavimento, amarrados a la losa y con junta corrugada para transferencia de carga.

7.1.6.5. Diseño de juntas

En el caso de los pavimentos de concreto para bajos volúmenes de tránsito, el diseño debe asegurar un sistema que controle la fisuración y proporcione una adecuada transferencia de carga entre ellas, aplicando las siguientes especificaciones:

- La separación máxima entre juntas transversales debe obedecer al criterio de radio de rigidez relativa (Figura 8).
- De ser posible, las losas pueden ser construidas aproximadamente cuadradas, buscando así menores aberturas de junta y mayor transferencia de cargas por transferencia de agregados en las juntas transversales.
- La junta de contracción se forma mediante corte con sierra, hasta una profundidad de un cuarto del espesor de la losa.
- Generalmente, las juntas longitudinales coinciden con el ancho de los carriles (entre de entre 3.00 y 3.65 m. Este tipo de juntas requiere barras de amarre para mantener la junta cerrada y potenciar la transferencia de carga por trabazón de agregados.
- El diseño de las juntas (modulación) debe ser compatible con la geometría de la carretera, la longitud de la losa, el tipo de junta, el método de construcción y la programación de obra.
- La aplicación de adecuadas técnicas de construcción asegura que las juntas se comporten apropiadamente y aporten al desempeño adecuado del pavimento.

7.1.6.6. Espaciamiento

La Figura 8 muestra los espaciamientos máximos entre juntas a ser tenidos en cuenta en el diseño de la modulación de las losas para la construcción del pavimento.

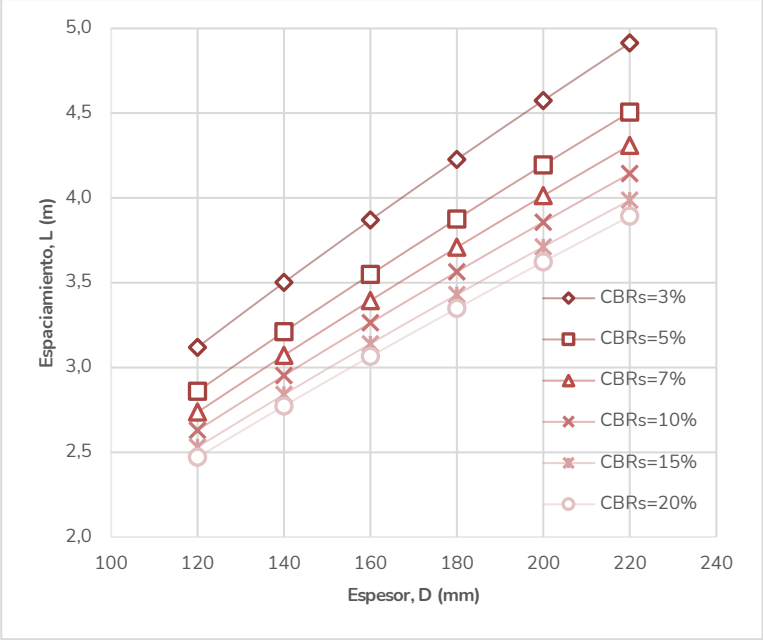


Figura 8. Espaciamiento máximo entre juntas transversales

De ser necesario, si el ancho de la losa excede el ancho del carril, deberá analizarse con criterios constructivos y económicos las alternativas posibles: construir dos losas por carril –lo que conlleva doble barra de amarre por el aumento de juntas longitudinales– o el refuerzo de las losas.

7.1.6.7. Juntas longitudinales y barras de amarre

La Tabla 7 presenta las dimensiones de las barras para una calzada de dos carriles, carril de 3.65 m de ancho y aceros con límite de fluencia de 420 y 280 MPa (60,000 y 40,000 psi).

Tabla 7. Dimensiones de las barras de amarre

Espesor (mm)	Dimensiones de las barras (mm)							
	fy= 420 MPa (60,000 psi)				fy= 280 MPa (40,000 psi)			
	Barras 10 mm (3/8")		Barras 13 mm (1/2")		Barras 10 mm (3/8")		Barras 13 mm (1/2")	
	Longitud	Separación	Longitud	Separación	Longitud	Separación	Longitud	Separación
120	600	1,250	800	2,250	450	850	550	1,500
150	600	1,000	800	1,750	450	650	550	1,200
180	600	850	800	1,500	450	550	550	1,000
200	600	750	800	1,350	450	500	550	900
220	600	700	800	1,250	450	450	550	800

7.1.6.8. Cartas de diseño

El diseño de pavimentos de concreto para bajos volúmenes de tránsito únicamente tiene en cuenta el agrietamiento por fatiga como mecanismo de falla. Por lo tanto, los criterios de diseño de la losa se reducen a la propiedad mecánica de la subrasante (CBRs), el número de ejes equivalentes de 80 kN y el tipo de soporte lateral: con soporte (Figura 9) o sin soporte (Figura 10).

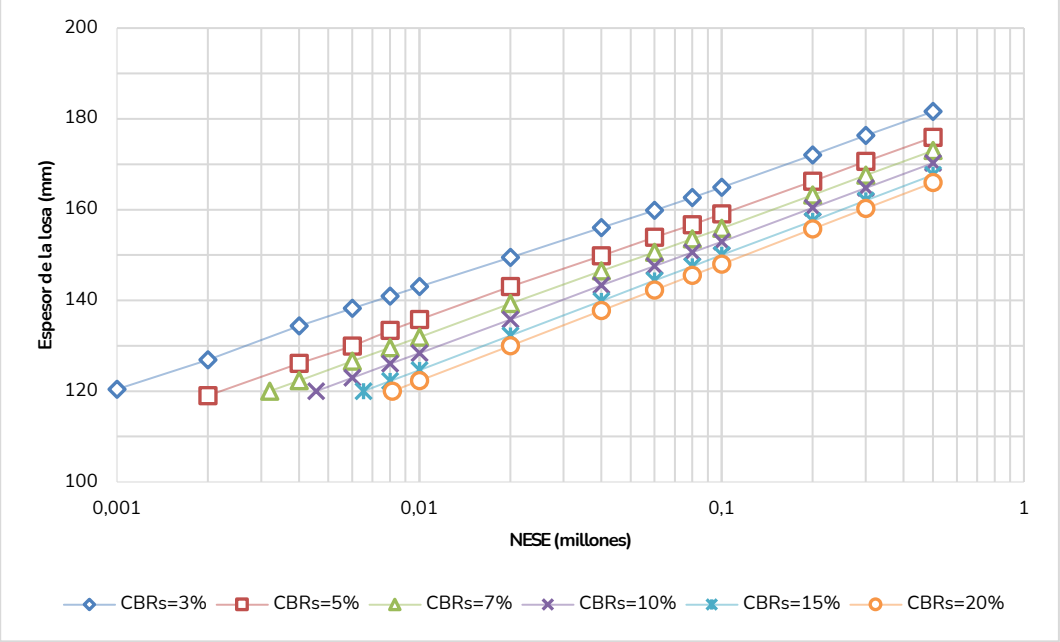


Figura 9. Carta de diseño – Pavimento de concreto con soporte lateral

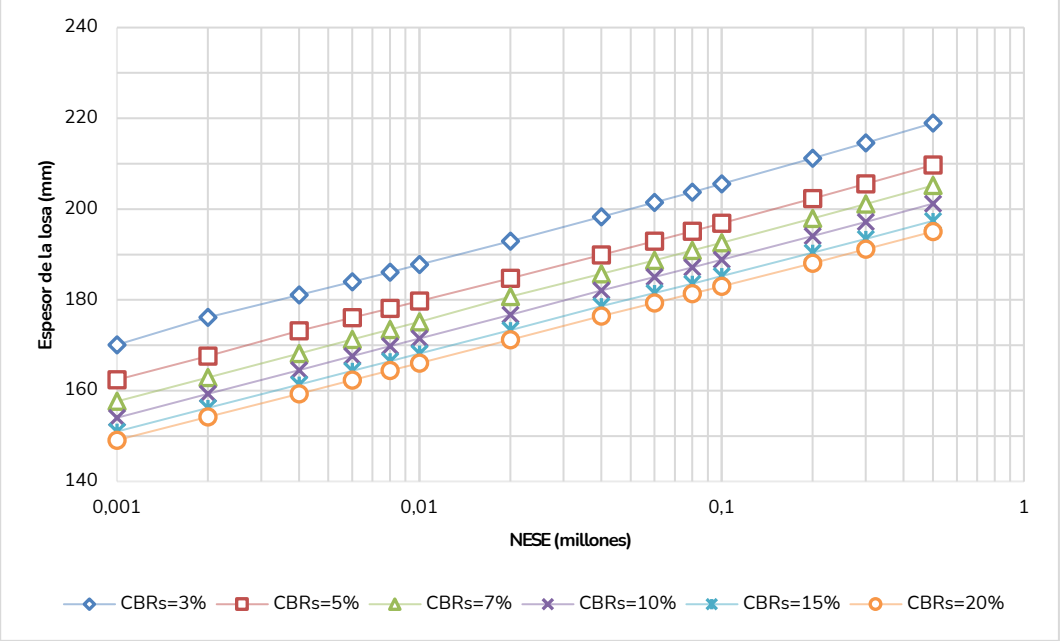


Figura 10. Carta de diseño para NT1 – Pavimento de concreto sin soporte lateral

Los criterios para tener en cuenta para decidir entre la condición con o sin soporte lateral, se encuentran en el Numeral 7.1.6.4.

Por ejemplo, para un NESE de 0.2 millones, proyectados durante el periodo de diseño, una subrasante de CBRs= 3 % y la condición sin soporte lateral, la estructura de pavimento de concreto será:

- 190 mm de concreto MR= 3.8 MPa (Figura 10)
- 150 mm de granular (ligado o no ligado), CBR≥ 80 %

8. ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Se mantienen las responsabilidades de la interventoría de vigilar el cumplimiento de las disposiciones de este apéndice, verificar la correcta ejecución de las tecnologías seleccionadas y custodiar la documentación asociada. Además de las funciones generales, deberán revisar la justificación y cuantificación de cada nueva tecnología propuesta, supervisar la ejecución de los apiques y ensayos de laboratorio y certificar que las soluciones de drenaje, contención y mantenimiento rutinario se ejecuten conforme a las especificaciones.

9. RESPONSABILIDADES AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD

El contratista deberá cumplir con la normativa ambiental vigente y con la normatividad en seguridad y salud en el trabajo. Cuando se utilice material recuperado (RAP), deberá aplicarse la Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP y demostrar que se reducen los impactos ambientales y se promueve la economía circular. En cada alternativa tecnológica se deberá evaluar el riesgo ambiental, adoptar medidas de prevención y mitigación y garantizar la seguridad de los trabajadores y usuarios de la vía.

10. RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA

El contratista deberá cumplir las disposiciones de este apéndice. En desarrollo de esta obligación deberá:

a. Evaluar, validar e implementar las tecnologías no convencionales aplicables al contrato objeto del presente proceso, considerando las condiciones geográficas, climáticas, logísticas y técnicas del corredor vial.
b. Garantizar el cumplimiento de las normas técnicas aplicables y los criterios de desempeño exigidos, en lo referente a control de calidad, trazabilidad, seguimiento y documentación de los procesos constructivos.
c. Documentar los resultados de implementación, los indicadores de desempeño y las evidencias de cumplimiento, los cuales constituirán insumo para la gestión del conocimiento técnico y el Banco de Experiencias de Innovación del INVIAS.

11. RESPONSABILIDADES DE LA INTERVENTORÍA

La interventoría deberá verificar la correcta aplicación de las disposiciones de este apéndice y supervisar el cumplimiento de los criterios técnicos definidos por la Entidad.

12. RESPONSABILIDAD TÉCNICA

La aceptación de la implementación de las nuevas tecnologías en el contrato objeto del presente proceso por parte de la Entidad, no exime al contratista de la responsabilidad por el desempeño, estabilidad y durabilidad de las tecnologías implementadas, sin perjuicio de las funciones de control y verificación a cargo de la interventoría.Por lo tanto, el contratista asumirá los riesgos derivados de su aplicación y responderá por la integridad de las obras conforme a las especificaciones técnicas contractuales.

13. COORDINACIÓN CON OTROS APÉNDICES

Las disposiciones de este apéndice deberán articularse con los apéndices ambiental, social y predial, garantizando la coherencia técnica y la trazabilidad de las soluciones implementadas durante la ejecución contractual.

14. PRELACIÓN Y SANCIONES

Las disposiciones contenidas en este apéndice son de obligatorio cumplimiento y forman parte integral del contrato. En caso de discrepancia, prevalecerán las disposiciones del pliego de condiciones y del anexo técnico.

El incumplimiento de las obligaciones aquí establecidas podrá dar lugar a la aplicación de las sanciones contractuales previstas por el INVIAS y en el Manual de Interventoría de Obra Pública vigente.

15. MARCO NORMATIVO

Las obligaciones establecidas en este apéndice se sustentan en las siguientes disposiciones:

1. Ley 1955 de 2019 (Art. 173). Autoriza al INVÍAS a promover el uso de tecnologías innovadoras mediante cofinanciación de tramos de prueba y le confiere la competencia para regular su implementación.
2. Decreto 1292 de 2021. Faculta al INVÍAS para elaborar, con el Ministerio de Transporte, programas de construcción y mantenimiento y para adoptar la regulación técnica en infraestructura de transporte
3. Resolución 1536 de 2022. Regula el procedimiento de inscripción, evaluación y aprobación de nuevas tecnologías, deroga la Resolución 263 de 2020 y ordena incorporar las tecnologías aprobadas en las EGC y en las normas de ensayo.
4. Resolución 2451 de 2022. Adopta como norma técnica obligatoria las Especificaciones Generales de Construcción (EGC) para las nuevas tecnologías, reconociendo la necesidad de actualizar las especificaciones para mejorar la competitividad y eficiencia.

5. Resolución 3920 de 2024. Adopta la Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos – RAP, que promueve la economía circular y la reducción del impacto ambiental.
6. Resolución 412 de 2020 (MinTransporte). Establece los requisitos para la caracterización de tramos viales y la obtención de licencias ambientales en proyectos de infraestructura. Esta norma debe cumplirse al realizar la caracterización de los tramos de vías terciarias.
7. Otras normas aplicables. Incluyen la Resolución 405 de 2020 (Política de Sostenibilidad del INVÍAS), la Ley 1682 de 2013, el Decreto 1076 de 2015, las Especificaciones Generales de Construcción Vigentes y cualquier disposición que regule nuevas tecnologías o metodologías aplicables al objeto contractual.

16. DISPOSICIONES FINALES

El contratista deberá actualizar sus planes y procedimientos cuando nuevas resoluciones modifiquen la lista de tecnologías reguladas o las especificaciones generales de construcción. La interventoría verificará que dicha actualización se realice oportunamente.

Este apéndice prevalece sobre cualquier disposición que le sea contraria en los pliegos de condiciones. Cualquier diferencia en la interpretación de sus disposiciones será resuelta por el INVÍAS conforme a la normativa vigente y a los principios de interpretación contractual.