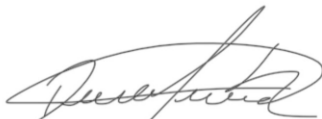


DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

**APOYO AL MEJORAMIENTO DE LA VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE
CHITARAQUE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

PROCESO CONSTRUCTIVO

ELABORADO POR:



DIEGO FERNANDO GUATIBONZA ROJAS

Ingeniero Civil

Especialista en Geotecnia Vial

FEBRERO DE 2025

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. GENERALIDADES	4
3. PROCESO CONSTRUCTIVO	5
3.1. SUMINISTRO, DE MATERIAL PARA AFIRMADO HASTA UN DIÁMETRO DE 2" Y UN ÍNDICE PLÁSTICO MENOR O IGUAL 9% Y COMPACTO AL 95% PROCTOR...	6
3.1.1. PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE	7
3.1.2. EXTENDIDO DEL MATERIAL GRANULAR	7
3.1.3. HUMECTACIÓN Y PRECOMPETICIÓN	7
3.1.4. COMPACTACIÓN POR CAPAS	7
3.1.5. CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN FINAL	8
3.2. SUMINISTRO DE MATERIAL DE ARENA FINA.....	9
3.2.1. COLOCACIÓN Y NIVELACIÓN DE LA CAPA DE ARENA.....	9
3.2.2. INSTALACIÓN DEL ADOQUINADO Y RELLENO DE JUNTAS	9
3.2.3. CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN FINAL	10
3.3. SUMINISTRO DE MATERIAL DE LADRILLO TOLETE COMUN.....	11
3.3.1. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE Y CAPA BASE	12
3.3.2. MÉTODO DE INSTALACIÓN DEL TOLETE COMÚN	12
3.3.3. CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN FINAL	13
3.4. SUMINISTRO DE BORDILLO PREFABRICADO A-80	14
3.4.1. PREPARACIÓN DE LA BASE PARA LOS BORDILLOS.....	15
3.4.2. INSTALACIÓN DE LOS BORDILLOS	15
3.4.3. CURADO Y VERIFICACIÓN FINAL	15
4. CONCLUSIONES.....	17
5. RECOMENDACIONES.....	18

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el procedimiento constructivo para la ejecución de un pavimento en adoquín articulado, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas en la normatividad vigente del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la Norma Técnica Colombiana (NTC) aplicable. La estructura del pavimento contempla la instalación de una base granular en afirmado, una capa de arena como material de nivelación, la disposición de los adoquines en un patrón de espina de pez a 45° y el confinamiento mediante relleno de juntas con arena. Adicionalmente, se instalará un bordillo tipo A-80, conforme a las especificaciones técnicas establecidas para garantizar el adecuado confinamiento lateral del pavimento.

Inicialmente, se llevará a cabo la preparación de la base del pavimento mediante la instalación y compactación de una capa de material seleccionado tipo Afirmado con un espesor de 20 cm, cumpliendo con los requisitos granulométricos, límites de plasticidad y resistencia mecánica establecidos en el Artículo 330 del Pliego de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INVIAS. La compactación deberá alcanzar un mínimo del 95% del Proctor Modificado (INV E-142-13), asegurando una superficie estable y uniforme para la posterior instalación de las capas superiores.

Una vez concluida la fase de afirmado, se aplicará una capa de arena de 5 cm de espesor, la cual permitirá la nivelación de la superficie y garantizará la correcta disposición del adoquinado. La arena deberá cumplir con los requisitos granulométricos establecidos en la normatividad para asegurar una adecuada compactación y permeabilidad.

Posteriormente, se procederá con la instalación del adoquín de concreto, el cual será dispuesto en un patrón de espina de pez a 45° respecto al eje de la vía, optimizando la distribución de cargas y la estabilidad del pavimento. Para garantizar su correcto confinamiento y evitar desplazamientos, se realizará el relleno de las juntas con arena seca, seguido de una compactación con placa vibratoria, lo que permitirá el adecuado asentamiento de los adoquines y la interconexión estructural de la superficie de rodadura.

Adicionalmente, en los bordes de la vía se llevará a cabo la instalación de bordillos tipo A-80, los cuales cumplirán con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa INVIAS y la Norma Técnica Colombiana NTC 2017. Estos elementos tienen la función de confinar lateralmente la estructura del pavimento, evitando desplazamientos y garantizando la durabilidad del sistema. La instalación de los bordillos se realizará sobre una base de

concreto de acuerdo con los lineamientos normativos, asegurando su correcta alineación y anclaje.

Este procedimiento constructivo garantizará la conformación de un pavimento articulado con alta capacidad estructural, adecuado desempeño ante cargas dinámicas y estabilidad frente a esfuerzos horizontales y erosión, cumpliendo con los estándares de calidad exigidos por INVIAS y asegurando su óptimo funcionamiento dentro de la infraestructura vial proyectada.

2. GENERALIDADES

El presente documento describe los lineamientos generales para la construcción del pavimento en adoquín tipo tolete común en el municipio de Chitaraque, Boyacá, en cumplimiento con los principios de funcionalidad, eficiencia estructural y conservación del patrimonio arquitectónico regional. Si bien el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en su normatividad vigente establece el uso de adoquines de concreto para pavimentos articulados, la selección del tolete común se fundamenta en su desempeño comprobado en diversas vías del país, especialmente en municipios con arquitectura colonial donde su implementación ha demostrado alta resistencia, durabilidad y armonización con el entorno.

El pavimento articulado en tolete común ha sido utilizado en múltiples proyectos de infraestructura vial en Boyacá y otras regiones de Colombia, garantizando un adecuado desempeño estructural y funcional en condiciones de tránsito urbano y rural. Ejemplos notables incluyen las calles empedradas y adoquinadas de municipios como Villa de Leyva, Monguí y Santa Fe de Antioquia, donde el uso de tolete de arcilla ha prevalecido debido a su resistencia mecánica y su capacidad de adaptabilidad a cargas dinámicas sin comprometer su estabilidad. En estos casos, el mantenimiento ha sido mínimo, evidenciando la efectividad de este material en comparación con soluciones más modernas, pero menos integradas con la identidad cultural de la región.

El tolete común, fabricado a partir de arcillas cocidas de alta calidad, posee características estructurales que le permiten resistir esfuerzos de compresión y carga distribuida de manera eficiente. Su coeficiente de fricción natural favorece la adherencia en superficies de rodadura, reduciendo el riesgo de deslizamiento y asegurando condiciones óptimas de transitabilidad, especialmente en zonas con pendientes y alta pluviosidad. Adicionalmente, la disposición en espina de pez a 45° incrementa la trabazón mecánica entre los elementos,

optimizando la distribución de cargas y disminuyendo desplazamientos diferenciales en la estructura del pavimento.

Desde el punto de vista normativo, si bien el INVIAS en el Artículo 330 de su Pliego de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (2013) hace referencia a adoquines de concreto, la implementación del tolete común en este proyecto se justifica en función de su comprobada durabilidad y eficiencia estructural en vías de características similares. La normativa permite el uso de materiales alternativos siempre que se garantice el cumplimiento de los parámetros de resistencia y desempeño establecidos en los diseños estructurales. En este sentido, se han llevado a cabo estudios en vías como las del centro histórico de Tunja y Barichara, donde el tolete común ha mostrado una vida útil prolongada con mantenimiento preventivo adecuado, validando su idoneidad para este tipo de infraestructura.

En términos de gestión ambiental y eficiencia constructiva, el uso del tolete común representa una solución sostenible, ya que su producción es local, reduciendo costos de transporte y minimizando la huella de carbono del proyecto. Además, su compatibilidad con técnicas tradicionales de instalación y mantenimiento facilita futuras intervenciones sin comprometer la estructura existente. En este contexto, la Norma Técnica Colombiana NTC 3829 establece los requisitos para la fabricación de productos cerámicos utilizados en infraestructura, asegurando que los ladrillos empleados en este proyecto cumplan con las especificaciones de resistencia, absorción y durabilidad requeridas.

El pavimento en adoquín tipo tolete común, respaldado por su desempeño en múltiples proyectos viales en Colombia, no solo garantiza la funcionalidad y estabilidad estructural de la vía, sino que también preserva la identidad cultural del municipio de Chitaraque, alineándose con los principios de conservación del patrimonio arquitectónico y desarrollo sostenible. En consecuencia, su implementación en este proyecto responde a criterios técnicos, normativos y estéticos que favorecen tanto la infraestructura vial como la integración con el entorno urbano y rural de la región.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO

La construcción del pavimento en adoquín tipo tolete común en el municipio de Chitaraque, Boyacá, se desarrollará en varias fases, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas aplicables.

Inicialmente, se llevará a cabo la preparación de la subrasante que se llevara acabo por el municipio de Chitaraque, asegurando una superficie estable y compactada. Posteriormente, se procederá con la instalación de una capa de afirmado de 20 cm de espesor, la cual será compactada hasta alcanzar un mínimo del 95% del Proctor Modificado (INV E-142-13), en cumplimiento con el Artículo 330 del Pliego de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INVIAS 2013.

Sobre esta base estabilizada, se aplicará una capa de arena de 5 cm, que servirá para nivelar y facilitar la instalación del adoquinado. A continuación, se procederá con la instalación del tolete común en un patrón de espina de pez a 45° respecto al eje de la vía, garantizando una óptima interconexión y distribución de cargas.

Para el confinamiento lateral, se instalarán bordillos tipo A-80, asegurando estabilidad y resistencia estructural conforme a la normativa INVIAS y la Norma Técnica Colombiana NTC 2017. Una vez colocado el adoquinado, se rellenarán las juntas con arena seca, lo que permitirá su adecuada fijación y resistencia ante cargas dinámicas. Finalmente, se realizará la compactación con placa vibratoria, asegurando el correcto asentamiento de los elementos y la funcionalidad del pavimento.

Este proceso constructivo permitirá la conformación de una estructura vial duradera, eficiente y en armonía con la arquitectura colonial de la región, garantizando su estabilidad y desempeño en el tiempo.

3.1. SUMINISTRO, DE MATERIAL PARA AFIRMADO HASTA UN DIÁMETRO DE 2" Y UN ÍNDICE PLÁSTICO MENOR O IGUAL 9% Y COMPACTO AL 95% PROCTOR

Para la construcción de la capa de afirmado en la vía del municipio de Chitaraque, Boyacá, se seguirán las especificaciones establecidas en el Artículo 330 del Pliego de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras de INVIAS (2013). El material granular utilizado deberá cumplir con un tamaño máximo de 2" (50.8 mm), un índice plástico (IP) menor o igual al 9%, y deberá alcanzar una compactación mínima del 95% del Proctor Modificado (INV E-142-13).

Dado que el espesor total de la capa de afirmado será de 20 cm, la ejecución debe realizarse en dos capas de 10 cm cada una, compactadas de manera independiente para garantizar su estabilidad y resistencia. Este procedimiento permite obtener una base estructural homogénea que servirá como soporte del pavimento en adoquín tipo tolete común.

3.1.1. Preparación de la subrasante

Antes de iniciar la colocación del material granular, es fundamental asegurar que la subrasante se encuentre en condiciones óptimas para recibir el afirmado. Para ello, se deberá realizar un proceso de limpieza y nivelación, eliminando cualquier material suelto, raíces u otros elementos que puedan afectar la estabilidad del pavimento.

Posteriormente, se compactará hasta alcanzar el 95% del Proctor Modificado, asegurando una base estable y uniforme. En caso de ser necesario, se corregirá la humedad del suelo mediante riegos controlados con carro tanque o mediante aireación, evitando condiciones de exceso de humedad o material demasiado seco.

3.1.2. Extendido del material granular

El material de afirmado se transportará en volquetas y será descargado en tongadas uniformes sobre la subrasante preparada. Para garantizar una distribución homogénea, el extendido se realizará utilizando motoniveladora, asegurando que el espesor de cada capa no supere los 10 cm, conforme a lo estipulado en la normativa INVIAS.

Durante esta etapa, se verificará que la superficie del afirmado se mantenga dentro de las tolerancias establecidas en el proyecto. Adicionalmente, se evitará la segregación del material granular mediante un adecuado manejo del equipo de extendido.

3.1.3. Humectación y precompactación

Para facilitar la compactación del material y garantizar la densificación requerida, se deberá ajustar la humedad del afirmado antes de iniciar el proceso de compactación. Para ello, se aplicará un riego controlado con carro tanque equipado con barra aspersora, distribuyendo el agua de manera uniforme sobre la capa de material granular.

Una vez alcanzada la humedad óptima, se realizará una precompactación con rodillo vibratorio de cilindro liso, lo que permitirá una primera consolidación del material antes de ejecutar la compactación final. Este paso es clave para evitar desplazamientos diferenciales y garantizar una estructura estable.

3.1.4. Compactación por capas

Dado que la capa de afirmado se ejecutará en dos capas de 10 cm cada una, la compactación deberá realizarse de manera progresiva, asegurando que cada capa alcance la densidad especificada antes de colocar la siguiente.

Para la primera capa, se pasará un rodillo vibratorio de cilindro liso de 10 a 12 toneladas, realizando pases alternos en sentido longitudinal hasta alcanzar la densidad requerida. Posteriormente, se complementará la compactación con rodillo neumático, lo que permitirá un mejor intercalado de partículas y la reducción de vacíos en la estructura granular.

Una vez compactada la primera capa, se procederá con el extendido y compactación de la segunda capa, siguiendo el mismo procedimiento. Se verificará que la capa final cumpla con las pendientes transversales y cotas de diseño, asegurando que la superficie esté lista para la colocación de la capa de arena y la posterior instalación del adoquinado.

3.1.5. Control de calidad y verificación final

Para garantizar que la capa de afirmado cumpla con las especificaciones de diseño, se llevarán a cabo distintos ensayos de control de calidad. Se realizarán pruebas de granulometría (INV E-123-07) para verificar que el material no exceda los 2" de diámetro, y pruebas de plasticidad (INV E-125-07) para confirmar que el índice plástico sea menor o igual al 9%.

Adicionalmente, se ejecutarán ensayos de densidad en campo mediante el Método del Cono de Arena (INV E-161-07) o equipo nuclear, asegurando que cada capa alcance una compactación mínima del 95% del Proctor Modificado. Se verificarán también los espesores mediante medición topográfica, garantizando que la capa de afirmado cumpla con las tolerancias establecidas en el diseño.



3.2. SUMINISTRO DE MATERIAL DE ARENA FINA

Para la instalación del pavimento en tolete común en la vía del municipio de Chitaraque, Boyacá, se requiere la colocación de una capa de arena de 5 cm sobre la capa de afirmado, la cual permitirá nivelar y proporcionar una base uniforme para la disposición del adoquinado. Además, una vez instalado el ladrillo, se deberá rellenar las juntas entre piezas con arena fina, lo que garantizará la estabilidad del conjunto y facilitará la distribución de cargas.

El proceso se desarrollará conforme a las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y las mejores prácticas constructivas para pavimentos en adoquines, asegurando una adecuada compactación y nivelación de la base granular y un confinamiento eficiente de las unidades de ladrillo.

3.2.1. Colocación y nivelación de la capa de arena

La arena utilizada debe cumplir con las especificaciones técnicas de INVIAS en términos de granulometría y contenido de finos, evitando materiales con alto porcentaje de arcillas o limos que puedan comprometer la estabilidad de la estructura. Se recomienda el uso de una arena natural fina y de textura uniforme, con un tamaño máximo de 5 mm, lo que garantizará un adecuado asiento del adoquinado.

El material será transportado en volquetas y descargado sobre la capa de afirmado ya compactada. Posteriormente, se realizará el extendido de la arena en un espesor uniforme de 5 cm, utilizando herramientas manuales como rastrillos y reglas metálicas, o equipos mecánicos livianos como perfiles de aluminio o tuberías guía, que permitan garantizar una nivelación precisa.

Es fundamental no compactar ni humedecer en exceso esta capa, ya que su función es permitir el correcto acomodo de los adoquines sin generar rigideces prematuras que puedan comprometer la estabilidad del pavimento.

Una vez extendida la arena, se procederá a su verificación, asegurando que la superficie mantenga las pendientes transversales y longitudinales establecidas en el terreno natural. En este punto, se deberá evitar la circulación de maquinaria pesada o tráfico peatonal que pueda alterar la uniformidad de la capa.

3.2.2. Instalación del adoquinado y relleno de juntas

Los adoquines se instalarán sobre la capa de arena de manera manual, siguiendo un patrón de espina de pez a 45°, lo que garantiza una mejor distribución de cargas y un mayor

entrelazamiento de las piezas, reduciendo desplazamientos y mejorando la estabilidad del pavimento.

Durante el proceso de instalación, se controlará constantemente la alineación y nivelación de las piezas, ajustándolas con herramientas de golpeo suave y verificando que se mantenga una junta uniforme entre los ladrillos.

Una vez finalizada la instalación de los adoquines, se procederá al relleno de las juntas con arena fina seca, asegurando que esta penetre de manera uniforme en los espacios entre ladrillos. Este material cumple una función clave en el confinamiento del pavimento, evitando desplazamientos y asegurando un adecuado contacto entre las unidades.

Para garantizar un correcto llenado, se realizará el proceso en varias etapas:

- ✓ Distribución de la arena: Se esparcirá la arena seca sobre la superficie del adoquinado utilizando escobas de cerdas duras, asegurando su ingreso en todas las juntas.
- ✓ Vibrado y asentamiento: Se pasará una placa vibratoria sobre la superficie, lo que permitirá que la arena se compacte dentro de las juntas y se reduzcan los espacios vacíos.
- ✓ Reposición y compactación final: Se repetirá el proceso de esparcido y vibrado hasta que las juntas queden completamente rellenas y compactadas, asegurando un adecuado confinamiento de los adoquines.

Es importante evitar el uso de agua durante esta etapa, ya que la arena debe asentarse de manera natural dentro de las juntas sin generar compactaciones diferenciales o pérdidas de material.

3.2.3. Control de calidad y verificación final

Para asegurar que la capa de arena y el proceso de relleno de juntas cumplan con las especificaciones técnicas, se llevarán a cabo los siguientes controles:

- ✓ Verificación de espesores: Se comprobará que la capa de arena mantenga un espesor constante de 5 cm, utilizando herramientas de medición y nivelación.
- ✓ Control de nivelación: Se verificará la planicidad de la capa con reglas metálicas, asegurando que las pendientes se mantengan dentro de los rangos establecidos.
- ✓ Ensayo de penetración de arena en juntas: Se inspeccionará que el material de relleno haya ingresado correctamente en los espacios entre adoquines, evitando la presencia de juntas vacías que puedan generar movimientos diferenciales.



3.3. SUMINISTRO DE MATERIAL DE LADRILLO TOLETE COMUN

El tolete común ha sido ampliamente utilizado en la construcción de pavimentos urbanos en Colombia, especialmente en municipios con arquitectura colonial, como Villa de Leyva, Barichara y Monguí, donde ha demostrado ser una solución estructural eficiente y estéticamente armónica con el entorno. Su implementación en el municipio de Chitaraque, Boyacá, busca preservar la identidad patrimonial de la región, al tiempo que se garantiza una estructura vial resistente y funcional.

A diferencia de los adoquines de concreto, el tolete común presenta ventajas en términos de integración paisajística, facilidad de reposición y adaptación a la topografía. Este tipo de

pavimento ha demostrado un excelente desempeño en múltiples proyectos de mejoramiento vial, manteniendo su estabilidad y funcionalidad a lo largo del tiempo.

El proceso constructivo del pavimento en tolete común deberá cumplir con las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y los lineamientos técnicos aplicables para garantizar la estabilidad de la estructura y la durabilidad del sistema de confinamiento.

3.3.1. Preparación de la superficie y capa base

Previo a la instalación del tolete común, se deben cumplir las siguientes condiciones de preparación del terreno:

- ✓ La vía debe contar con una capa de afirmado compactado al 95% Proctor con material granular clasificado, de acuerdo con la norma ART-330 de INVIAS.
- ✓ Sobre esta capa se debe aplicar una capa de arena de 5 cm, la cual permitirá una correcta nivelación y facilitará el acomodo de las piezas.
- ✓ Se deben instalar previamente los bordillos tipo A-80, asegurando el confinamiento adecuado del pavimento.

3.3.2. Método de instalación del tolete común

El tolete común utilizado deberá cumplir con características de resistencia, durabilidad y uniformidad dimensional, garantizando su correcta integración en la estructura del pavimento. Para ello, se recomienda que:

- ✓ El material sea de arcilla cocida de alta resistencia.
- ✓ Se verifique la uniformidad en las dimensiones, con una tolerancia mínima para evitar irregularidades en el tendido.
- ✓ Se garantice que la absorción de agua del material sea controlada, evitando problemas de expansión o contracción.

El tolete común se dispondrá siguiendo un patrón de espina de pez a 45°, el cual ha demostrado ser una de las configuraciones más eficientes en términos de distribución de cargas y estabilidad del pavimento. Este sistema permite reducir desplazamientos y mejorar la capacidad estructural del adoquinado.

El procedimiento para la instalación será el siguiente:

- ✓ Ubicación de líneas de referencia: Se utilizarán guías de nivelación y escuadras para definir la dirección de colocación de los ladrillos, asegurando un alineamiento correcto.
- ✓ Colocación manual del tolete: Se instalarán los ladrillos sobre la capa de arena, asegurando un contacto uniforme y sin desniveles abruptos.
- ✓ Ajuste y nivelación: Se utilizarán mazos de goma para asentar cada pieza, asegurando que no queden separaciones irregulares.
- ✓ Verificación de pendientes: Se garantizará que la superficie del adoquinado mantenga las pendientes longitudinales y transversales de la vía, favoreciendo el drenaje superficial.

Una vez instalado el adoquinado, se procederá al relleno de las juntas con arena fina seca, asegurando que el material ingrese de manera uniforme en los espacios entre los ladrillos.

El procedimiento para esta fase es el siguiente:

- ✓ Esparcido de arena seca sobre la superficie del adoquinado.
- ✓ Barrido con escobas de cerdas duras, asegurando la penetración del material en las juntas.
- ✓ Compactación con placa vibratoria para favorecer el asentamiento de la arena en los espacios intermedios.
- ✓ Repetición del proceso hasta lograr que todas las juntas queden completamente rellenas y compactadas.

Este relleno contribuye a la estabilidad del pavimento y evita el desplazamiento de los ladrillos ante cargas dinámicas.

3.3.3. Control de calidad y verificación final

Para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, se realizarán los siguientes controles de calidad:

- ✓ Verificación de nivelación y alineación: Se inspeccionará que el adoquinado no presente desniveles ni irregularidades en su superficie.
- ✓ Control de espesores: Se asegurará que la capa de arena mantenga un espesor uniforme de 5 cm y que el nivel de instalación cumpla con los requisitos del diseño.

- ✓ Ensayo de estabilidad del adoquinado: Se evaluará la firmeza de la estructura a través de la aplicación de cargas de prueba, verificando la ausencia de desplazamientos o asentamientos diferenciales.



3.4. SUMINISTRO DE BORDILLO PREFABRICADO A-80

El bordillo tipo A-80 es un elemento fundamental en la estructura del pavimento, ya que cumple la función de confinamiento lateral, evitando desplazamientos del adoquinado y proporcionando una delimitación clara entre la calzada y las zonas peatonales o áreas verdes. Su correcta instalación garantiza la estabilidad del pavimento en el tiempo y contribuye a la adecuada canalización de las aguas superficiales.

Para este proyecto en Chitaraque, Boyacá, se utilizarán bordillos prefabricados en concreto, cumpliendo con las especificaciones técnicas del INVIAS y la normativa colombiana

vigente, asegurando que presenten una resistencia mecánica adecuada y una textura superficial que permita una correcta adherencia con el terreno.

3.4.1. Preparación de la base para los bordillos

Antes de la instalación de los bordillos, es fundamental realizar una adecuada preparación del terreno. En primer lugar, se define la alineación de los bordillos mediante el uso de hilos guías, garantizando que queden correctamente alineados y a la altura requerida. Posteriormente, se procede con la excavación de la zanja donde serán colocados.

La zanja de cimentación deberá tener una profundidad suficiente para permitir que el bordillo quede firmemente asentado en su base. Generalmente, se recomienda una profundidad de 15 a 20 cm, dependiendo de las condiciones del suelo y el tipo de confinamiento requerido.

3.4.2. Instalación de los bordillos

Una vez lista la base de concreto, se procede con la instalación de los bordillos prefabricados. Para su correcta colocación, se deben seguir los siguientes pasos:

- ✓ Ubicación y alineación: Los bordillos se colocan manualmente sobre la base de concreto, siguiendo la alineación previamente definida con los hilos guías.
- ✓ Nivelación y ajuste: Se utiliza un nivel para verificar que cada bordillo esté a la altura correcta y alineado con los bordillos adyacentes.
- ✓ Sellado de juntas: Las juntas entre bordillos deben mantenerse con un espesor uniforme, generalmente entre 5 y 10 mm, y se pueden rellenar con mortero de cemento y arena para garantizar la continuidad estructural.
- ✓ Confinamiento lateral: Una vez instalados, se vierte una cuneta de mortero o concreto en la parte posterior del bordillo, con un espesor de aproximadamente 10 cm, para mejorar su anclaje y evitar desplazamientos por cargas laterales.

3.4.3. Curado y verificación final

Luego de la instalación, es fundamental realizar un adecuado proceso de curado, manteniendo la superficie del concreto húmeda durante al menos 72 horas para evitar fisuras y garantizar su resistencia final. Durante este periodo, se restringirá el tránsito vehicular y de maquinaria en la zona para evitar desplazamientos o asentamientos prematuros.

Finalmente, se realiza una inspección general para verificar la correcta alineación, nivelación y estabilidad de los bordillos. Se revisará que las juntas estén selladas adecuadamente y que no existan fisuras ni desplazamientos en los elementos instalados.

La instalación adecuada del bordillo tipo A-80 es clave para la estabilidad del pavimento en tolete común, ya que cumple la función de confinar la estructura y evitar desplazamientos del adoquinado. Siguiendo el proceso constructivo detallado y cumpliendo con las especificaciones del INVIAS, se garantizará una instalación duradera y resistente a las cargas laterales y esfuerzos a los que estará sometida en el tiempo.



4. CONCLUSIONES

- ✓ El proceso constructivo de la vía en tolete común ha sido diseñado conforme a las especificaciones técnicas del INVIAS y normativas nacionales vigentes, asegurando su estabilidad estructural, funcionalidad y durabilidad. La aplicación de los estándares técnicos garantiza una adecuada resistencia del pavimento y su desempeño bajo las condiciones de carga esperadas.
- ✓ La ejecución de la capa de afirmado de 20 cm, compactada en dos capas de 10 cm al 95% Proctor, proporciona una base firme y homogénea para la estructura del pavimento. La adecuada granulometría, con un diámetro máximo de 2" y un índice plástico $\leq 9\%$, garantiza la estabilidad mecánica y el drenaje adecuado de la vía, minimizando la posibilidad de asentamientos diferenciales o pérdida de capacidad estructural.
- ✓ La instalación de bordillos tipo A-80 es un factor clave en la estabilidad del pavimento, ya que evita desplazamientos laterales del adoquinado y delimita la vía de manera efectiva. Asimismo, la capa de arena de 5 cm ha permitido una correcta nivelación del tolete común, asegurando una distribución uniforme de las cargas y reduciendo el riesgo de fisuración prematura.
- ✓ La disposición del tolete común en espina de pez a 45° garantiza una mejor distribución de cargas y una mayor estabilidad estructural del pavimento. El uso de placa vibratoria para la compactación final del adoquinado ha permitido que la arena de sellado se distribuya homogéneamente en las juntas, asegurando un correcto anclaje y minimizando desplazamientos a lo largo del tiempo.
- ✓ La elección del tolete común en lugar de ladrillo de concreto, basada en experiencias exitosas en municipios como Villa de Leyva, Monguí y Barichara, permite conservar la identidad arquitectónica colonial de Chitaraque, Boyacá, sin comprometer la eficiencia estructural del pavimento.
- ✓ El seguimiento de las pruebas de compactación, el control de nivelación y la inspección de juntas han sido determinantes para garantizar que el pavimento cumpla con las especificaciones técnicas. Adicionalmente, el uso de materiales locales y técnicas tradicionales contribuye a la sostenibilidad del proyecto y a la reducción del impacto ambiental.

5. RECOMENDACIONES

- ✓ La capa de afirmado debe verificarse mediante ensayos de compactación in situ para garantizar que se alcance el 95% Proctor requerido. Se recomienda realizar controles periódicos con equipos de compactación adecuados y verificar la humedad óptima del material para obtener una compactación uniforme y evitar fallos prematuros en la estructura.
- ✓ La arena de nivelación y la arena de sellado deben cumplir con los requisitos granulométricos establecidos por INVIAS para evitar la segregación o el lavado prematuro del material. Se recomienda que la arena utilizada tenga un contenido mínimo de finos para garantizar la adecuada interbloqueo y fijación del tolete común.
- ✓ Durante la instalación del tolete, se deben utilizar hilos guías y niveles para garantizar una superficie uniforme y alineada con las pendientes de diseño. Se recomienda realizar inspecciones visuales y ajustes manuales antes de la compactación final.
- ✓ Se recomienda restringir el tránsito vehicular y peatonal sobre el pavimento recién instalado por al menos 72 horas, permitiendo que la arena de sellado se asiente correctamente y que la estructura alcance su estabilidad final.
- ✓ Para garantizar la durabilidad del pavimento, se recomienda realizar inspecciones periódicas y mantenimiento correctivo en las juntas de arena, reponiéndola cuando sea necesario para evitar la filtración de agua y la pérdida de confinamiento del tolete.
- ✓ Durante la compactación del adoquinado, se debe evitar el uso de rodillos vibratorios pesados, ya que pueden generar desplazamientos en la estructura. Se recomienda el uso de placas vibratorias de impacto moderado para evitar daños en el adoquinado recién instalado.
- ✓ Se recomienda garantizar que las pendientes transversales y longitudinales cumplan con las especificaciones, evitando acumulaciones de agua sobre la superficie.