PROCESO CONSTRUCTIVO

“MEJORAMIENTO MEDIANTE CONCRETO HIDRAULICO EN LA CALLE 13 CASCO URBANO MUNICIPIO DE COTORRA DEPARTAMENTO DE CORDOBA”

ALCALDIA MUNICIPAL MUNICIPIO DE COTORRA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

DICIEMBRE DE 2025

CONTENIDO

1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO 3

1.1 EXCAVACIONES 4

1.2 RELLENOS 7

1.1.1. RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL CRUDO DE CANTERA 7

1.1.1. SUB-BASE GRANULAR CLASE A 14

1.3 ESTRUCTURAS EN CONCRETO 20

1.1.1 PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRAULICO 20

1.1.2 ACERO DE REFUERZO FY 4200 MPA. 26

1.1.3 ACERO DE REFUERZO FY = 420 MPA 26

1.1.4 CONCRETO RESISTENCIA 21MPA (D) (DADOS, MUROS, CABEZALES, ALETAS, PLACAS, ALIVIADEROS) 42

1.1.5 SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO 1 CON LAMINA RETRORREFLECTIVA GRADO DIAMANTE

2 CONCLUSIONES 83

3 RECOMENDACIONES 84

PROCESO CONSTRUCTIVO

MEJORAMIENTO MEDIANTE CONCRETO HIDRAULICO EN LA CALLE 13 CASCO URBANO MUNICIPIO DE COTORRA DEPARTAMENTO DE CORDOBA

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar el procedimiento indispensable y no variante en un proceso constructivo básico para la elaboración de una vía en pavimento rígido en terrenos planos y poco quebrados.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Describir las condiciones ambientales actuales del área de influencia del proyecto antes de su ejecución.
- ✓ Identificar las etapas que se deben seguir en la realización de un
- ✓ proceso constructivo de una vía en pavimento rígido en terrenos planos y poco quebrados.
- ✓ Especificar las normas técnicas necesarias e indispensables en la construcción de pavimentos rígidos.
- ✓ Realizar una explicación teórica sobre cada etapa del proceso constructivo básico para la elaboración de una vía en pavimento rígido en terrenos planos y poco quebrados.
- ✓ Realizar una cartilla teórica de uso práctico para la elaboración de vía en pavimento rígido en terrenos planos y poco quebrados.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente documento tiene como finalidad presentar un proceso constructivo técnico, para el desarrollo del proyecto “MEJORAMIENTO MEDIANTE CONCRETO HIDRAULICO EN LA CALLE 13 CASCO URBANO MUNICIPIO DE COTORRA DEPARTAMENTO DE CORDOBA”. Este proceso constructivo básico, deberá cumplir con el Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Norma técnica colombiana NTC 6047 Accesibilidad al medio físico. Espacios de servicio al ciudadano en la administración pública. Requisitos, Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS 2013, documentos donde se estipulan los requisitos mínimos de calidad y establece estándares y recibo para los trabajos de ejecución habitual en el campo de la construcción.

En este sentido se busca establecer claramente cuáles son las etapas necesarias e indispensables que se debe tener en cuenta para la consecución del fin constructivo, bajo este entendido, se describen cuáles son las etapas que se deben seguir con el fin de lograr la construcción de un malecón turístico, con una reducción del riesgo en una mala práctica ingenieril.

Finalmente, se busca que, con el uso de este proceso constructivo, los diferentes actores involucrados en este proyecto certifiquen el cumplimiento de estas prácticas constructivas con el fin de garantizar una ejecución de la obra bajo los estándares de calidad y durabilidad del proyecto.

3. PROCEDIMIENTO

El procedimiento que se describe a continuación, explica los pasos efectuados en la construcción de una vía terciaria y sus principales componentes. A continuación, se presenta las actividades a realizar en la construcción del proyecto “MEJORAMIENTO MEDIANTE CONCRETO HIDRAULICO EN LA CALLE 13 CASCO URBANO MUNICIPIO DE COTORRA DEPARTAMENTO DE CORDOBA”.

- EXCAVACIONES
    - Excavación en material común de la explanación y canales
- RELLENOS
    - Relleno compactado con material crudo de cantera
    - Subbase granular clase C
- ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y ACERO
    - Pavimento de concreto hidráulico.
    - Acero de refuerzo fy 4200 Mpa.
- SEÑALIZACION
    - Señal vertical de transito tipo 1 con lamina retrorreflectiva

1. EXCAVACIONES

Se refiere a la nivelación y remoción de materiales varios que son necesarios para las obras de construcción del proyecto y que son realizadas de acuerdo con lo indicado en los planos constructivos. Se escarificarán en el espesor y hasta la cota determinada en el diseño y se retirarán, transportarán, depositarán y conformarán en los sitios destinados para disposición de sobrantes o desechos. Normalmente, el equipo requerido para la conformación del terreno incluye elementos para la explotación de materiales, equipos para el cargue, transporte, extensión, mezcla, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores. Se debe tener especial cuidado con las redes de acueducto, alcantarillado, energía, gas, entre otras.

Con respecto a esta actividad y en lo correspondiente a los pavimentos, indica el artículo 210-07 del instituto nacional de vías INVIAS, Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de disposición o desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación, canales y préstamos, indicados en los planos y secciones transversales del proyecto, con las modificaciones que ordene el Interventor. Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal o descapote y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se hayan de realizar las excavaciones de la explanación y terraplenes.

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas donde ha de cimentarse el proyecto, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación del terreno natural en corte. Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de calzadas existentes.

Para la obra en cuestión se pretende realizar la explanación con maquinaria necesaria para la ejecución adecuada de esta actividad, como lo indica la norma nivelar las zonas donde ha de soportarse las capas que componen el proyecto, al igual que realizar los cortes de los taludes necesarios para la conformación de los lineamientos establecidos en el diseño tanto del componente de urbanismo como el de circulación peatonal y vehicular.



Ilustración 1. Excavación a máquina de la explanación, Fuente GOOGLE.

Como lo indica la norma (210-13- Numeral 210.4.1.1) Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las de drenaje del proyecto, tales como alcantarillas, desagües y descoles de cunetas y construcción de filtros. La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Interventor.

De tal forma que las obras hidráulicas propuestas para el proyecto en cuestión comenzaran con su excavación al tiempo que la excavación de la explanación, esto con el fin de ajustar el terreno natural con las cotas establecidas para las redes hidráulicas. Estas excavaciones se realizarán con retroexcavadora o en caso tal de requerirse se ejecutarán de forma manual.

1.1 Compactación del terreno natural o subrasante

(Artículo 210-13 Numeral 210.4.1.4.2.2. procedimiento de compactación de la subrasante), indica una vez concluido la excavación de la explanación procedemos a la escarificación de la subrasante mediante la compactación con motoniveladora, se recomienda que la compactación alcance un espesor mínimo de 15 cm, y una densidad mínima de 95%, para alcanzar esta densidad se requiere una compactación con una humedad optima por tal razón es necesario el uso de carro tanques que permitan la humectación del terreno en forma homogénea.

Para la obra en cuestión, una vez establecidos los niveles de la subrasante se procede con la verificación de los achos y alineamientos establecidos, junto con el riego y compactación requerida para alcanzar los niveles óptimos de subrasante.



Ilustración 2. Compactación del terreno natural o subrasante. Fuente GOOGLE

1.2 Manejo ambiental de la excavación

(Artículo 210-13 Numeral 210.4.10) Todas las labores de excavación de la explanación, canales y préstamos se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

En particular, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

Cuando se estén efectuando las excavaciones, se deberá tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales.

Los materiales sobrantes de las excavaciones se deberán disponer conforme lo establece el numeral 210.4.3 del presente Artículo.
Si está previsto el revestimiento vegetal de los taludes con material de descapote, éste se deberá efectuar inmediatamente después de culminada la excavación.
El material de descapote de las zonas de préstamo deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

1.3 Implementación del plan de manejo de tránsito para trabajos de excavación

Es importante establecer que esta actividad que requiere la implementación del plan de manejo de tránsito, por tal razón se realizara la actividad con paso restringido para vehículos y peatones, previa implementación de las señales requeridas tanto fijas como móviles, y la utilización de controladores de tráfico, (paleteros o bandereros), que regularan el paso de los usuarios de la vía.

2. MEJORAMIENTO DE LA SUBBRASABTE EN MATERAL SELECCIONADO

Es uno de nuestros pasos dentro del proceso constructivo. Este concepto se aplica cuando se hace la nivelación de un terreno, un relleno con material propio se refiere a que se usa el mismo material que se extrajo para rellenar una excavación, una vez que se ha colocado o construido la instalación para cuyo fin se hizo la excavación en el suelo en el caso del proyecto la excavación de la explanación y las otras excavaciones que se contemplan en el capítulo anterior.

Un relleno con material de préstamo se refiere a que el material que se usa para rellenar una excavación no es el que se extrajo. Esto puede ser porque el material excavado no sea suficiente para alcanzar el nivel de piso deseado o porque el material extraído no tiene las características adecuadas para usarse como relleno.

2.1 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL CRUDO DE CANTERA

(Artículo 311-13 – Afirmado). Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales de afirmado sobre la subrasante terminada, o sobre un afirmado existente, de acuerdo con la presente especificación, los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

Una vez terminado la actividad de excavación de la explanación, las excavaciones para la instalación de las redes de acueducto y alcantarillado y ejecución de todas las actividades que involucran la instalación de las redes de acueducto y alcantarillado y no antes de esto, se procederá si con la instalación del mejoramiento de la subrasante con material de afirmado de acuerdo a lo indicado en el (artículo 311-13 Numeral 311.2 materiales). Los

agregados para la construcción del afirmado deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 311 -1. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 311-2 y deberán cumplir con las relaciones establecidas en la Tabla 311-3

Tabla 311 - 1. Requisitos de los agregados para afirmados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	4 - 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311 - 3
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 15

Tabla 311 - 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Tabla 311 - 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

RELACIÓN	REQUISITO
$\frac{\%\text{ pasa tamiz No. 200}}{\%\text{ pasa tamiz No.10}}$	0.20 a 0.45
$\frac{\%\text{ pasa tamiz No. 200}}{\%\text{ pasa tamiz No. 40}}$	$\leq \frac{2}{3}$
{(% pasa tamiz de 1")-(% pasa tamiz No. 10)}×{% pasa tamiz No. 4}	16 a 34
(% de contracción lineal)×(% pasa tamiz No. 40)	100 a 240

2.1.1 Ejecución de la actividad

(Artículo 311-13 Numeral 311.4 Ejecución de los trabajos). Una vez seleccionado el material de mejoramiento de la subrasante se procede con la preparación de la superficie existente para el caso la subrasante compactada, el material de afirmado no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos. A menos que en el proyecto figure algo diferente o que el Interventor lo ordene, el material de afirmado deberá ser distribuido en una sola capa y en todo el ancho de la corona, calzada más bermas, de tal manera que, al extenderse, la capa resulte de espesor uniforme, con una pendiente transversal entre tres por ciento (3 %) y cuatro por ciento (4 %), para facilitar el escurrimiento de las aguas superficie.



Ilustración 3. Nivelación y disposición de material de préstamo, Fuente GOOGLE.

Una vez que el material tenga la humedad apropiada y esté conformado debidamente, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad seca especificada. Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa. La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

2.1.2 Calidad del producto terminado

(Artículo 220.5.2.2 calidad del producto terminado). Cada capa terminada de terraplén deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a la rasante y a las pendientes establecidas, los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del terraplén no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo, y en ningún caso la cota de subrasante podrá superar la cota del

proyecto o la autorizada por el Interventor.

No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

2.1.3 Calidad de los materiales

(Artículo 220-13 Numeral 220.5.2.1). De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán los parámetros indicados en la Tabla 220.1 del numeral 220.2.1 del presente Artículo. La totalidad de los resultados deberá satisfacer las exigencias indicadas en la misma Tabla, según el tipo de suelo, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, efectuará las verificaciones periódicas de la calidad del material que se indican en la Tabla 220.2

Tabla 220.2
Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	Una (1) vez a la semana
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice plástico	E-126	Una (1) vez por jornada
C.B.R. de laboratorio	E-148	Una (1) vez por mes
Expansión en prueba C.B.R.	E-148	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	E-157	Una (1) vez por mes
Contenido de sales solubles	E-158	Una (1) vez a la semana



Ilustración 4. ensayo de campo para verificaciones periódicas, Fuente propia.

2.1.4 Manejo ambiental

(Artículo 220-13 Numeral 220.4.8 Manejo ambiental) Todas las determinaciones referentes a la construcción de terraplenes deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento de los dispositivos de drenaje y a la protección vegetal de los taludes para evitar erosiones y arrastre de partículas sólidas.

Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- El Interventor sólo aceptará el uso de las fuentes de materiales, después de que el Constructor presente la correspondiente licencia ambiental de explotación.

- Las instalaciones de trituración y clasificación de agregados no podrán estar localizadas en áreas de preservación ambiental.

- La explotación de las fuentes deberá ser cuidadosamente planeada, de manera de minimizar los daños inevitables y posibilitar la recuperación ambiental una vez culminada la explotación.

- Se deberán construir las piscinas de sedimentación que fuesen necesarias, con el fin de retener las partículas finas sobrantes, evitando su transporte hacia cursos o láminas de agua.

- Si la fuente es una cantera, no se permitirá el desmonte mediante quema y todo material de descapote deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área explotada, reintegrándola al paisaje.

- Si los agregados son suministrados por terceros, el Constructor deberá entregar al Interventor la documentación que certifique la legalidad de la explotación y el cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.

- Se deberá evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área

de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.

- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada deberán ser mantenidos correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.

- Siempre que se usen estabilizantes, su manejo y aplicación se realizarán con las precauciones que exijan las autoridades ambientales, según el tipo de producto utilizado.

2.1.5 Implementación del plan de manejo de tránsito para trabajos conformación.

Es importante establecer que esta actividad que requiere el uso de maquinaria pesada necesita la implementación del plan de manejo de tránsito, que permitiría la ejecución de esta actividad minimizando riesgos de accidentes y permitiendo mejorar el rendimiento de la actividad, en caso de no poder utilizar una vía de alterna, se realizara la actividad con paso restringido para vehículos y peatones, previa implementación de las señales requeridas tanto fijas como móviles, y la utilización de controladores de tráfico, (paleteros o bandereros), que regularan el paso de los usuarios de la vía.

3. SUB-BASE GRANULAR CLASE C, E=0.20m

(Artículo 320-13 –Subbase granular). Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor. Para los efectos de estas especificaciones, se denomina subbase granular a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos asfálticos o la que sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

Para el caso específico del diseño de la estructura de soporte para el pavimento de concreto, la subbase granular estará localizada entre el material de afirmado y la capa de rodadura en este caso la losa de concreto y cuyo espesor está consignado en los planos y diseño del pavimento.

La instalación de la subbase granular se hará una vez terminada la instalación del material de afirmado, para el caso de esta obra la subbase granular clase C indicado en el (artículo 320-13 Numeral 320.2.1 clases de subbase granular). Que se establece en función del nivel del tránsito del proyecto.

Tabla 320 - 1. Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular

CLASE DE SUB-BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Los agregados para la construcción de la subbase granular deberán satisfacer los requisitos de la calidad indicados en la tabla 320-2 además, se deberá ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la tabla 320-3.

Tabla 320 - 2. Requisitos de los agregados para sub-bases granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	30	30	40

Tabla 320 - 3. Franjas granulométricas del material de sub-base granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0 2"	37.5 1 ½"	25.0 1"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.075 No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

1.3 Ejecución de la actividad

(Artículo 320-13 Numeral 320.4.5. extensión y conformación del material). El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su homogeneidad. Si la capa de subbase granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, éstos se deberán mezclar en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de subbase compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el Constructor propondrá al Interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y calidad de la capa.

Una vez que el material extendido de la subbase granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada. Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior. El material no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga las cotas indicadas en los planos.



Ilustración 5. Nivelación y disposición de material de sub-base, Fuente GOOGLE

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Una vez que el material tenga la humedad apropiada y esté conformado debidamente, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada.



Ilustración 6. Riego y compactación de material de sub-base. Fuente GOOGLE

(Artículo 320-13 Numeral 320.5.2.2 calidad del producto terminado). La capa de subbase granular terminada deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches,

laminaciones ni segregaciones. Si el Interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, delimitará el área afectada y el Constructor deberá escarificarla en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, mezclará y compactará de nuevo hasta que tanto el área delimitada como las adyacentes cumplan todos los requisitos exigidos en el presente informe.

La capa de subbase granular terminada deberá ajustarse a las rasantes y a las pendientes establecidas en los documentos del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. Las variaciones de las cotas, respecto de las establecidas en el proyecto, no podrán exceder de +0.0 mm y -20.0 mm.

Si se detectan zonas con un nivel inferior a la tolerancia indicada, ellas se deberán escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para enseguida agregar material de subbase, humedecer, mezclar, recompactar y terminar la superficie hasta lograr la densidad seca y las cotas exigidas por la presente especificación. Alternativamente, el Interventor las podrá aceptar, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías.

Las áreas que presenten un nivel superior a la tolerancia especificada deberán ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir con las cotas y el espesor establecido en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación

1.4 Calidad de los materiales

(Artículo 320-13 Numeral 320.5). De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 300.1 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbase granulares y bases granulares y estabilizadas”. Los resultados de dichos ensayos deberán satisfacer, en su totalidad, las exigencias indicadas en el numeral 300.2 del Artículo 300, so pena del rechazo de los materiales deficientes. Durante esta etapa el Interventor deberá comprobar, además, que el material del descapote de la fuente

sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Además, realizará las verificaciones periódicas de la calidad de los agregados, establecidas en la Tabla 320.3.

Tabla 320.3
Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Densidad seca máxima	E-142	Una (1) vez por semana



Ilustración 7. ensayo de campo para verificaciones periódicas

1.5 Manejo ambiental de la subbase granular

(Artículo 320-13 Numeral 320.4.13 Manejo ambiental) Se aplica lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300.

Todas las determinaciones referentes a la construcción de subbase granulares deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento de los dispositivos de drenaje y a la protección vegetal de los taludes para evitar erosiones y arrastre de partículas sólidas.

1.6 Implementación del plan de manejo de tránsito para trabajos conformación la subbase granular.

Es importante establecer que esta actividad que requiere el uso de maquinaria pesada necesita la implementación del plan de manejo de tránsito, de tal forma seria adecuado la utilización de la vía alterna descrita en el PMT, que permitiría la ejecución de esta actividad minimizando riesgos de accidentes y permitiendo mejorar el rendimiento de la actividad, en caso de no poder utilizar la vía de alterna, se realizara la actividad con paso restringido para vehículos y peatones, previa implementación de las señales requeridas tanto fijas como móviles, y la utilización de controladores de tráfico, (paleteros o bandereros), que regularan el paso de los usuarios de la vía.

(Artículo 320-13 Numeral 320.4.9 apertura del tránsito). Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos con arreglo a las indicaciones del Interventor.

2 PAVIMENTO Y BORDILLOS

Este capítulo hace referencia a todas las estructuras que se realizaran en concreto y que conforman el pavimento en concreto rígido y las obras hidráulicas

2.1 PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRAULICO

Una vez realizadas todas las actividades anteriormente mencionadas en este documento, y adecuadas la capas que compondrán el conjunto del pavimento, (adecuación de la subrasante, mejoramiento de la subrasante con material de préstamo crudo y subbase

granular), previa verificación de la interventoría y en cumplimiento con los niveles y alineamientos establecidos en los documentos del proyecto, se habilitara la construcción de la capa de rodadura, con especificaciones calculadas en el diseño del pavimento para el proyecto.

(Artículo 500-13 -Pavimento de concreto hidráulico). Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico en forma de losas, como capa de rodadura de la estructura de un pavimento rígido, con o sin refuerzo; la ejecución y el sellado de juntas; el acabado; el curado y las demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento de concreto hidráulico, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o ajustados por el Interventor.

MATERIALES

- **CONCRETO**

(Numeral 500.2 materiales-Articulo 500-13 Invias). Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento con o sin adiciones, agua, agregados fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran, materiales que deberán cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación. Para el caso del proyecto se dispondrá de un concreto premezclado que debe cumplir con las especificaciones contenidas en el diseño del pavimento y previa verificación de la interventoría.

El concreto para esta actividad refiere a un concreto de color integral por lo que se aplica directamente a la mezcla del concreto con un porcentaje de color del 4% para que el color permanezca en el pavimento de concreto que será estampado.

- **Cemento:**

El cemento utilizado será Portland, de marca aprobada oficialmente. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará el denominado Tipo I. Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

- **Adiciones:**

Si los documentos del proyecto lo consideran, se podrá utilizar cemento con adiciones, de conformidad con la especificación ASTM C 595. Las adiciones deberán ser incorporadas en la fábrica del cemento. Si la adición está constituida por cenizas volantes o puzolanas crudas o calcinadas, éstas deberán cumplir los requisitos de las clases C, F ó N de la especificación ASTM C 618, excepto que las pérdidas por ignición para las clases F ó N no podrán exceder de 6%. Si se trata de escoria de alto horno, molida y granulada, deberá cumplir lo exigido en la especificación ASTM C 989 para los grados 100 ó 120.

Tanto si se emplea cemento Portland normal como adicionado, el Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con él, como parte del diseño de la mezcla.

- **Agua:**

El agua que se emplee para la mezcla o para el curado del pavimento de concreto hidráulico deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, azúcar, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial al pavimento terminado. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación.

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de dos o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación serán los incluidos en la Tabla 500.1

Tabla 500.1
Requisitos para el agua de mezcla

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	LÍMITES
pH	ASTM D 1293	5.5 – 8.5
Resistencia a compresión, % mínimo en control a 7 días	ASTM C 39	90
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (h:min)	ASTM C 403	de 1:00 inicial a 1:30 final

El requisito de resistencia a compresión se refiere al porcentaje mínimo de resistencia a compresión a veintiocho (28) días de una mezcla de concreto con el agua que se desea emplear, respecto de otra elaborada con los mismos agregados y cemento, en las mismas

proporciones, pero empleando un agua calificada, pudiéndose emplear agua destilada para este fin.

En relación con el requisito sobre tiempo de fraguado, las medidas se realizarán mediante la resistencia a penetración de morteros extraídos de muestras de concreto, elaboradas como se describió en el párrafo anterior.

Los requisitos que se muestran en la Tabla 500.2 se consideran opcionales y sirven solamente para que el productor de la mezcla mantenga documentada la química y el contenido del agua de mezclado, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular invoquen el cumplimiento de uno o más de ellos.

Tabla 500.2
Límites químicos opcionales para el agua de mezclado

CONTAMINANTE	NORMA DE ENSAYO	LÍMITE MÁXIMO (ppm) (2)
Ión Cloro (Cl^-)	ASTM C 114	1000
Sulfatos ($SO_4^{=}$)	ASTM C 114	3000
Álcalis como ($Na_2O + 0.658\ K_2O$)	ASTM C 114 (1)	600
Sólidos totales por masa	ASTM C 1603	5000

(1) Se pueden emplear también las normas ASTM D 4191 y ASTM D 4192
(2) ppm corresponde a partes por millón

- **Agregado fino**

Se considera como tal, a la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4). Provendrá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo con los documentos del proyecto.

El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más de treinta por ciento (30%) de la masa del agregado fino. El agregado fino deberá satisfacer el requisito granulométrico señalado en la Tabla 500.3. Además de ello, la gradación escogida para el diseño de la mezcla no podrá presentar más de cuarenta y cinco por ciento (45%) de material retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura se deberá encontrar entre 2.3 y 3.1. Siempre que el módulo de finura varíe en más de dos décimas (0.2) respecto del obtenido con la gradación escogida para definir la fórmula de trabajo, se deberá ajustar el diseño de la mezcla.

Tabla 500.3
Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	**Alterno**	
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	No. 4	95 – 100
2.36 mm	No. 8	80 – 100
1.18 mm	No. 16	50 – 85
600 µm	No. 30	25 – 60
300 µm	No. 50	10 – 30
150 µm	No. 100	2 – 10

El agregado fino deberá cumplir, además, los requisitos de calidad indicados en la Tabla 500.4. Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 500.4 para el contenido de materia orgánica, se podrá aceptar si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a siete (7) días no menor de noventa y cinco por ciento (95%), calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma ASTM C 87.

Tabla 500.4
Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de sodio	E – 220	10
	- Sulfato de magnesio	E – 220	15
Limpieza			
Índice de plasticidad, % máximo.		E – 126	No plástico
Equivalente de arena, % mínimo.		E – 133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznables, % máximo.		E – 211	3
Partículas livianas, % máximo.		E – 221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), % máximo.		E – 214	3
Contenido de materia orgánica			
Color más oscuro permisible.		E – 212	Igual a muestra patrón
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, % máximo.		E – 233	1.2
Absorción			
Absorción de agua, % máximo.		E – 222	4

- **Agregado grueso**

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No.4).

Dicho agregado deberá proceder fundamentalmente de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno. Su gradación se deberá ajustar a alguna de las señaladas en la Tabla 500.5. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de 25.0 mm (1"), el agregado grueso se deberá suministrar en las dos fracciones que indica la Tabla 500.5.

Tabla 500.5
Granulometrías para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA				
NORMAL (mm)	ALTERNO	AG1		AG2		AG3
		2" – 1"	1" – No. 4	1½"- ¾"	¾" – No. 4	1" – No. 4
63.0	2 ½ "	100	-	-	-	-
50.0	2"	90 – 100	-	100	-	-
37.5	1 ½"	35 – 70	100	90 – 100	-	100
25.0	1"	0 – 15	95 – 100	20 – 55	100	95 – 100
19.0	¾"	-	-	0 – 15	90 – 100	-
12.5	½"	0 – 5	25 – 60	-	-	25 – 60
9.5	3/8"	-	-	0 – 5	20 – 55	-
4.75	No. 4	-	0 – 10	-	0 – 10	0 – 10
2.36	No. 8	-	0 – 5	-	0 – 5	0 – 5

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey.

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio (1/3) del espesor de diseño del pavimento. El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 500.6.

En los casos en los que la obtención de la textura superficial del pavimento se realice con denudación química, según las especificaciones del numeral 500.4.15 y se prevea, además, una incrustación de gravilla en la superficie del concreto fresco, combinada con la denudación, el tamaño de la gravilla incrustada estará comprendido entre cuatro y ocho milímetros (4 mm - 8 mm), su desgaste Los Ángeles, según la norma INV E – 218, no será superior a veinte por ciento (20%) y su coeficiente de pulimento acelerado, según la norma

INV E – 232, no será inferior a cincuenta centésimas (0,50).

Si se denuda el concreto sin incrustación de gravilla, el agregado grueso del concreto deberá tener también, como mínimo, el coeficiente de pulimento acelerado prescrito en el párrafo anterior.

Siempre que se requiera la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados para la dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se medirán sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

2.2 ACERO DE REFUERZO FY 4200 MPA.

Para el suministro del acero de refuerzo requerido para la ejecución del proyecto debe cumplir con los requisitos establecidos en la NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 2289.

Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación para refuerzo de concreto.

Esta especificación cubre todos los requisitos para el suministro e instalación del acero de refuerzo para las edificaciones, construcciones y obras de concreto. La composición química del acero de refuerzo, las tolerancias en dimensiones, la toma de muestras y ensayos requeridos, la recepción del material por parte de la Interventoría, el empaque y el rotulado del acero de refuerzo, se regirán por lo establecido en la norma.

NTC 248 para barras corrugadas de acero al carbono; normas ASTM A82 y ASTM A185 para mallas electrosoldada.

El contratista de obra debe emplear acero de refuerzo con la resistencia especificada en los planos del contrato de obra, acero que deberá transportarse y almacenarse de forma tal que no quede expuesto a humedad de ninguna naturaleza que pueda corroerlo y poner en peligro su resistencia o calidad. Al flejarlo y armarlo se deberá proteger de posibles corrosiones hasta el momento en que se funda con el concreto. En caso de corrosión, la Interventoría podrá rechazar el acero de refuerzo y el contratista de obra deberá hacer todo lo necesario para enmendar dichas anomalías o reemplazarlo por uno en perfectas condiciones.

El refuerzo mostrado en los planos constructivos indica la localización general y las formas típicas de doblado de las varillas requeridas en la obra. La Interventoría suministrará al Contratista planos de despiece que muestran en detalle la forma como el Contratista deberá preparar y colocar el refuerzo. Estos detalles están hechos en forma tal que corresponden a las juntas mostradas en los planos o requeridas por la Interventoría.

El refuerzo se deberá colocar con precisión en los sitios mostrados en los planos constructivos y se deberá asegurar firmemente en dichas posiciones durante la colocación y fraguado del concreto. El refuerzo se deberá mantener en su posición correcta por medio de bloques pequeños de concreto, silletas de acero, espaciadores, ganchos o cualesquiera otros soportes de acero que apruebe la Interventoría. Las varillas de acero que se crucen, se deberán unir en los sitios de cruce con alambre amarrado firmemente mediante un nudo en forma de 8. Sin embargo, cuando el espaciamiento entre las varillas sea inferior a 30 centímetros (12 pulgadas) en cada dirección, únicamente será necesario amarrar los cruces en forma alternada. Los extremos del alambre para el amarre de las intercepciones y los soportes del acero no deberán quedar al descubierto y estarán sujetos a los mismos requisitos referentes al recubrimiento de concreto de varillas que soportan.

En el momento de su colocación, el refuerzo y los elementos metálicos de soporte deberán estar libres de escamas, polvo, lodo, pintura, aceite o cualquier otra materia extraña, y se deberán mantener en esas condiciones hasta cuando sean cubiertos completamente por el concreto.

los traslapos de las varillas y mallas electrosoldada de refuerzo deberán cumplir con los requisitos establecidos en la NSR-10 y en el código ACI 318, y se deberán hacer en los sitios mostrados. los traslapos se deberán localizar de acuerdo con las juntas del concreto, y en forma tal que evite el uso de varillas superiores a 6 metros. el contratista de obra podrá introducir traslapos o uniones diferentes a los sitios mostrados en los planos constructivos, siempre y cuando dichas modificaciones sean aprobadas por la interventoría, que los traslapos y uniones en varillas adyacentes queden alternados según lo exija la interventoría, y que el costo del refuerzo adicional que se requiera sea por cuenta del contratista de obra.

Las longitudes de los traslapos de las varillas de refuerzo deberán ser las que se muestren en los planos del contrato de obra, sin embargo, el contratista de obra podrá reemplazar, previa aprobación de la interventoría, las uniones traslapadas por uniones soldadas, las cuales deberán cumplir con los requisitos establecidos en la sección 1215 del código ACI

318, siempre y cuando el costo adicional de dicho reemplazo sea por cuenta del contratista de obra.

El procedimiento para la ejecución para la instalacion de acero de refuerzo se realizará de acuerdo a la necesidad de cada actividad, ciudadano de verificar las siguientes indicaciones:

- Verificación de la norma, planos y despieces.
- Suministro y almacenamiento del acero de refuerzo.
- Doblado y figurado del acero, acorde a la lista de despieces. (capitulo C.7 de la NSR10).
- Ubicación, amarre y verificación de traslapos

- **ACERO DE REFUERZO**

En los documentos del proyecto se indicará el acero necesario para la construcción del pavimento, bien sea para los elementos de enlace o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas. Las barras de acero deberán cumplir con la especificación ASTM A 615.

- **Pasadores o barras pasa juntas**

En las juntas transversales que muestren los documentos técnicos del proyecto y/o en los sitios en que indique el Interventor, se colocarán pasadores como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo y liso, con límite de fluencia (fy) mínimo de 280 MPa (2800 kg/cm2); ambos extremos de los pasadores deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. En general, las barras deberán estar libres de cualquier imperfección o deformación que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

Antes de su colocación, los pasadores se deberán revestir con una capa de grasa u otro material que permita el libre movimiento de ellos dentro del concreto e impida su oxidación.

El casquete para los pasadores colocados en las juntas transversales de dilatación deberá ser de metal u otro tipo de material aprobado y deberá tener la longitud suficiente para cubrir entre cincuenta y setenta y cinco milímetros (50 mm – 75 mm) del pasador, debiendo ser

cerrado en el extremo y con un tope para mantener la barra al menos a veinticinco milímetros (25 mm) del fondo del casquete. Los casquetes deberán estar diseñados para que no se desprendan de los pasadores durante la construcción.

- **Barras de amarre**

En las juntas que muestren los documentos técnicos del proyecto y/o en los sitios en que indique el Interventor, se colocarán barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas. Las barras serán corrugadas, con límite de fluencia (fy) de 420 Mpa (4200 kg/cm2).

En general, las barras de amarre no deberán ser dobladas y enderezadas; sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas, con expresa autorización del Interventor, se deberá utilizar un acero con límite de fluencia (fy) de 280 Mpa (2800 kg/cm2); en este caso, el Constructor deberá rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia, rediseño que deberá ser verificado y aprobado por el Interventor, cuando corresponda.

- **Refuerzo de las losas**

Los documentos del proyecto pueden requerir la colocación de una o dos parrillas de refuerzo en todas o algunas de las losas del proyecto, bien sea como parte integral del diseño o como sistema para controlar la aparición o el ensanche de grietas. Como guía general, se requerirá la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma - Losas con relación largo/ancho mayor que 1.4

- Losas de forma irregular (diferente de la rectangular o cuadrada)

- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros

- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacentes.

El acero de refuerzo de las losas estará constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 420 MPa (4200 kg/cm2). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía,

distribución, localización, etc., deberán quedar claramente definidos en los documentos técnicos del proyecto.

4.2.1 Ejecución de la actividad

Una establecidos los materiales y la elaboración de los agregados se realizará el estudio de la mezcla para la obtención de la fórmula de trabajo, la cual el constructor presentará al interventor para su respectiva verificación, junto con las muestras representativas de los agregados utilizados. Para el caso del proyecto (Alcanzar una resistencia de 41 Mpa).

Para comenzar la ejecución de esta actividad, se deberá comprobar que la superficie donde se instalará el concreto, en este caso la subrasante tenga las densidades correspondientes, cotas y alineamientos establecidos.

Establecidos y verificados los niveles de subrasante para este caso, se procede con la instalación de las formaletas metálicas, perfectamente alineados y fijadas con pernos de acero, asegurando que las caras internas de la formaleta se encuentren limpias y libres de concreto u otras sustancias ajenas a ellos, se instalaran tramos de 100 metros mínimo para cada vaciado en obra, siempre que termine esta actividad de instalación de formaletas se dispondrá a la verificación de los niveles y alineamientos establecidos.

Verificado esto se procederá al humedecimiento de la superficie antes de colocar el concreto, esto con el fin de prevenir perdidas rápidas en la humedad de la mezcla.

La colocación de los elementos de las juntas se hará de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto, los pasadores se colocarán paralelos entre sí y al eje de la calzada, el diámetro de los pasadores será de 1 1/8” con una longitud de 0.4 m y una separación entre ellas de 0.3 m, para la colocación de las barras de anclaje estas se instalarán de forma perpendicular al eje de la vía, con un diámetro para la barra de ½” una longitud de 0.85 m y una separación entre ejes de 1.2 m.

El transporte de la mezcla se realizará por medio de Mixer de concreto, que transportará el concreto desde la planta hasta el punto preparado para el vaciado de este.

Listo, preparado y verificada la superficie donde se instalará el concreto procedemos con el vaciado de la mezcla, descrito en el numeral 500.4.11. del artículo 500-13 INVIAS.

- La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga, será de un metro y medio (1.5 m), procurándose que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, para reducir al mínimo las posteriores manipulaciones.

- El concreto se deberá colocar, vibrar y acabar antes de que transcurra una (1) hora desde el momento de su mezclado. Sin embargo, el Interventor podrá autorizar un aumento de este plazo, si ocurren condiciones favorables de humedad y temperatura, si se emplean camiones mezcladores o camiones provistos de agitadores o si se adoptan precauciones para retardar el fraguado del concreto.

- Cuando la puesta en obra se realice entre formaletas fijas, el concreto se distribuirá uniformemente y, una vez extendido, se compactará por vibración y se enrasará con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades. Para este fin se emplearán reglas o rodillos vibratorios y, adicionalmente, vibradores de aguja, teniendo especial cuidado en la compactación de los bordes de la losa.

- Los elementos vibratorios de las máquinas no se apoyarán sobre las formaletas ni sobre pavimentos terminados y en las pavimentadoras de formaletas deslizantes deberán dejar de funcionar en el instante en que ellas se detengan. En los pavimentos de tipo armado, el vaciado del concreto se hará en dos (2) capas, vertiendo la segunda capa encima de la armadura, lo más rápido que resulte posible, antes de que comience el fraguado de la primera. El plazo para la puesta en obra de ambas capas no podrá exceder de una (1) hora, salvo que el Interventor considere que se presentan condiciones favorables de temperatura y humedad, caso en el cual podrá prolongar el plazo, hasta un máximo de dos (2) horas.

- Se cuidará que delante de la maestra enrasadora se mantenga, en todo momento, y en toda la anchura de pavimentación, un volumen suficiente de concreto fresco en forma de cordón, de unos diez centímetros (10 cm) de altura como máximo; delante de los fratases de acabado se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

- Cuando el concreto se coloque contra un pavimento existente, la parte del equipo de colocación que repose sobre éste deberá estar equipada con cojines de

protección en sus orugas o con llantas de caucho, que circulen a suficiente distancia del borde del pavimento, para evitar la rotura o el agrietamiento de éste. Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, se vaciarán al menos dos (2) carriles al mismo tiempo, salvo indicación expresa en contrario del Interventor. Se dispondrán pasarelas móviles, con objeto de facilitar la circulación del personal y evitar daños al concreto fresco.

- Los tajos de vaciado deberán tener todos sus accesos bien señalizados y acondicionados para proteger el pavimento recién construido. Instituto Nacional de Vías Artículo 500-07 29 En los casos en que el Interventor autorice la extensión y la compactación del concreto por medios manuales, se mantendrá siempre un volumen suficiente de mezcla delante de la regla vibratoria y se continuará compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista y el mortero refluya ligeramente a la superficie.

- En el caso de suspender la colocación del concreto por más de media (1/2) hora, se protegerá el frente del pavimento con telas de fique húmedas. Si el lapso de interrupción supera el plazo máximo admitido entre la mezcla y la terminación de la puesta en obra, se dispondrá una junta transversal de construcción. En vías de dos carriles, el concreto se colocará por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. En los casos en que se haya de colocar un ancho inferior al de un carril, se compactará y enrasará mecánicamente, con la ayuda de los métodos manuales mínimos que resulten necesarios.

- El Constructor deberá ajustar los métodos y equipos de colocación y compactación siempre que se observen segregación o vacíos en el concreto colocado y compactado.

- Si el Interventor considera que la compactación es deficiente, se requerirá la ejecución de ensayos de verificación de densidad. Estos ensayos de verificación consistirán en la toma de núcleos del concreto terminado después de, al menos, cuarenta y ocho (48) horas de curado. La densidad se determinará en la condición saturada y seca superficialmente, según la norma de ensayo ASTM C 642. Los ensayos se tomarán por lo menos uno (1) cada trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m 3) de concreto.

- La densidad promedio de los núcleos no podrá ser menor de noventa y siete por ciento (97%) y ningún núcleo tendrá una densidad menor de noventa y seis por ciento (96%), con respecto a la densidad del concreto elaborado al definir la fórmula de trabajo. Si estas condiciones no se cumplen, se considerará que la vibración es inadecuada y se deberá mejorar, de manera que los requisitos anteriormente establecidos se logren en las posteriores verificaciones.

Una vez vaciado el concreto se procederá con el acabado superficial después de extendido y vibrado, el objetivo es lograr una superficie plana y ajustada a las cotas del proyecto, esto se realizará por medio del flotador ayudado de herramientas manuales, mientras el concreto aun e encuentre fresco se realizará el acabado de los bordes de las losas con una llana, las juntas transversales y las de dilatación se realizarán de la misma forma.

Posterior a esto se realizará el texturizado superficial, antes de comenzar el fraguado, se le dará una textura transversal homogénea en forma de estriado.

El curado se realizará con productos químicos que forme una película impermeable, se aplicará inmediatamente hayan concluido las labores de acabado del concreto.

El proceso el desformaleteado se efectuará luego de transcurridas dieciséis (16) horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Interventor podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la consistencia alcanzada por el concreto.

4.2.2 Manejo ambiental

(Numeral 500.4.26 artículo 500-13 Invias). Todas las labores requeridas para la construcción del pavimento de concreto hidráulico se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales. Sea que los agregados los explote el Constructor o le sean suministrados a éste por terceros, el Interventor verificará que se encuentran vigentes todas las licencias para su explotación. Así mismo, se controlará que todos los procesos de preparación de agregados; elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado del pavimento, se realicen con un cabal cumplimiento de las normas ambientales vigentes. Al término de los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico, el Constructor deberá limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo en un lugar autorizado por las autoridades ambientales que tengan la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer losas, según lo establece el numeral 500.5.2.8, los productos de la demolición quedarán de propiedad del Constructor, quien deberá disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole al Instituto Nacional de Vías.

4.2.3 Implementación del plan de manejo de tránsito para la actividad

Siendo esta actividad de gran impacto para la culminación y entrega a satisfacción de la obra es pertinente garantizar un tránsito fuera de las losas fundidas que no hayan cumplido su periodo de curado y fraguado pertinente, de tal forma el uso de las alternativas propuestas en el PMT, el uso a medio carril de la vía es la opción más viable ya que, aunque se pueda garantizar una vía alterna que reduzca el tránsito por el punto de ejecución, este sería temporal y es necesario garantizar la movilidad de los habitantes de los puntos específicos donde se realicen actividades, por tal razón el uso de las dos alternativas de control de movilidad estarán dispuestas para implementarse al momento de realizar esta actividad.

(Artículo 500-13 Numeral 500.4.22 apertura a la circulación). El tránsito de obra no podrá circular sobre el pavimento, mientras éste no haya alcanzado una resistencia a flexo tracción del ochenta por ciento (80%) de la exigida a veintiocho (28) días. La apertura al tránsito automotor no se autorizará antes de catorce (14) días de la terminación del pavimento, salvo que una medición de la resistencia del concreto mediante el método de maduración, según la norma ASTM C 1074, permita un plazo de apertura menor o que en la ejecución del pavimento se haya empleado la técnica de fast-track. En todos los casos, el Interventor definirá el instante oportuno para la apertura del pavimento al tránsito automotor. Al abrir el pavimento al tránsito público, todas las juntas deberán estar selladas o protegidas contra daño y contra la intrusión de materiales extraños.

2.3 SEÑALIZACIÓN VERTICAL TIPO 1 REFLECTIVO GRADO DIAMANTE.

Esta actividad se realizará una vez concluidas todas las actividades de construcción de las losas de concreto, esto con el fin de garantizar la instalación segura, al momento de terminar estas actividades que generan un volumen de movimiento mayor, no es recomendable instalar señales permanentes definitivas antes de concluir estas actividades ya que pueden sufrir algún tipo de daño o deterioro antes de ser entregada la obra.

(Artículo 710-13 -señales verticales de transito). Este trabajo consiste en el suministro,

almacenamiento, transporte e instalación de señales verticales de tránsito, conforme lo establezcan los planos del proyecto o lo indique el Interventor. El diseño de las señales verticales, los mensajes y los colores, deberán estar de acuerdo con lo estipulado en el "Manual de Señalización Vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia en el año 2004, y demás normas complementarias.

Las señales verticales serán en material reflectivo para las señales verticales de tránsito y delineadores, deberá cumplir con las especificaciones contenidas en la Norma Técnica Colombiana NTC-4739. El Interventor exigirá al Constructor las certificaciones de cumplimiento de dicha norma, las cuales deberán ser expedidas por el proveedor del material. Las señales verticales se deberán elaborar en lámina reflectiva Tipo I o de características superiores. Si el proyecto requiere del empleo de materiales con mayores valores de reflectividad, ello se deberá indicar en una especificación particular.

4.3.1 Ejecución de la actividad

Las señales se instalarán en los sitios que indiquen los planos del proyecto o defina el Interventor. Su colocación se hará al lado derecho de la vía, teniendo en cuenta el sentido de circulación del tránsito, de tal forma que el plano de la señal forme con el eje de la vía un ángulo comprendido entre ochenta y cinco grados (85°) y noventa grados (90°), a las distancias del borde de la calzada indicadas en los planos o en el capítulo de señalización vertical del “Manual de Señalización Vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia en el año 2004. Todas las medidas deberán ser realizadas por una comisión de topografía. No obstante, y con el fin de complementar la señalización, en vías multicarriles se podrán colocar en los dos lados de la vía; así mismo, de no existir completa visibilidad en el lado derecho, se permitirá colocar una señal adicional a la izquierda

Para las señales elevadas, también se atenderán los requerimientos del “Manual de señalización vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia en el año 2004. La señal SP-40 puede ser colocada al lado izquierdo de la vía en el vértice de algunas curvas, de acuerdo con indicaciones del Interventor.

En la sección correspondiente del capítulo de señales verticales de tránsito del "Manual de Señalización Vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia, se definen los criterios para la colocación de ellas a lo largo de la vía. La ubicación de la señal reglamentaria SR-26 (prohibido adelantar), tanto para curva horizontal como vertical, se

deberá realizar aplicando lo expresado en el "Manual de Señalización Vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia en el año 2004, haciendo mediciones sobre los planos del proyecto o directamente en el terreno utilizando cuerdas de longitudes iguales a la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento necesaria para la velocidad de diseño de la vía, encontrándose de esta manera los sitios precisos de los inicios de la prohibición de esta maniobra. Deberá existir una correspondencia entre la demarcación horizontal y la señalización vertical, y el inicio de la línea continua deberá corresponder con la señal SR-26 de prohibido adelantar.

La altura de la señal instalada, medida desde el extremo inferior del tablero hasta el nivel de la superficie de rodadura no deberá ser menor de un metro con ochenta centímetros (1,80 m), para aquéllas que se instalen en el área rural. Los delineadores de curva horizontal, se instalarán a una altura aproximada de un metro con cincuenta centímetros (1.50m), medida desde su extremo inferior hasta la cota del borde del pavimento. En áreas urbanas, la altura de la señal medida desde su extremo inferior hasta la cota del borde del andén no debera ser menor de dos metros (2.0 m). Las señales elevadas se deberán colocar sobre estructuras adecuadas, en forma tal que presenten una altura libre mínima de cinco metros (5.0 m) sobre el punto más alto de la rasante de la vía.

El Constructor efectuará una excavación cilíndrica de veinticinco centímetros (25 cm) de diámetro y sesenta centímetros (60 cm) de profundidad, para el anclaje de la señal. Con el fin de evitar que la señal quede a una altura menor a la especificada cuando se instale en zonas donde la carretera transcurre en terraplén, en este caso la excavación sólo se realizará en una profundidad de treinta centímetros (30 cm) pero el Constructor deberá, además, instalar una formaleta de la altura necesaria para que al vaciar el concreto, la señal quede correctamente anclada y presente la altura especificada

El anclaje se realizará rellenando la excavación con un concreto que presente las características indicadas en el numeral 710.2.10, del presente Artículo. También, se acepta la inclusión de los cantos a que hace referencia el mismo numeral

El Constructor instalará la señal de manera que el poste presente absoluta verticalidad y que se obtenga la altura libre mínima indicada en el numeral 710.4.1.3, del presente Artículo. El tablero se deberá fijar al poste mediante tornillos de dimensiones mínimas de cinco dieciseisavos de pulgada (5/16”) por una pulgada (1”), rosca ordinaria, arandelas y tuercas, todo galvanizado, a los cuales se les deberán dar golpes para dañar su rosca y

evitar que puedan ser retirados fácilmente. Además, se deberán instalar cuatro (4) remaches a diez centímetros (10 cm) de distancia, medidos desde los tornillos hacia el centro de la cruceta. También se podrán utilizar otros sistemas de aseguramiento que impidan el retiro del tornillo o elemento de fijación.

Adicionalmente se atenderá a todas las disposiciones contenidas en el "Manual de Señalización Vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia en el año 2004, en el Capítulo “Otros Dispositivos”, para el caso de delineadores de curva y delineadores de obstáculos.

(Esta actividad se encuentra reglamentada en el Articulo 710-13- señales verticales de transito INVIAS).



Ilustración 8. Vista de señal vertical

4.3.2 Manejo ambiental

Todas las labores referentes al suministro e instalación de señales verticales de tránsito se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. (Numeral 710.4.7. Artículo 710-13).

CONCLUSIONES

- El tiempo de ejecución física de la obra está establecido en 3 meses de acuerdo al cálculo de la ruta crítica para actividades a ejecutar.

- Los procedimientos constructivos planteados en este documento facilitan y otorgan una noción confiable de información, además de ser un soporte para cada una de las etapas de construcción ya que nos permite identificar con mayor exactitud y facilidad los materiales a emplear, maquinaria y equipo, así como los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales para una óptima funcionalidad.

- Se Identificaron las etapas que se deben seguir en la realización de un proceso constructivo, identificando cada componente de las capas que conforman la estructura de pavimento, la compactación de cada una de las capas hace parte fundamental del comportamiento de cada capa.

- La compactación de las capas es si no el proceso más importante uno de los más relevantes y de mayor cuidado ya que de este proceso depende la capacidad portante de cada capa, que compone la estructura.

- En el proceso de compactación debe obtenerse una densidad en los núcleos tomados en el campo, mayor del 95% en relación con la densidad media de las briquetas compactadas en el laboratorio con la misma mezcla. Ningún resultado individual puede ser inferior al 95%. Inmediatamente después que la mezcla haya sido extendida se hará el control de espesor y se corregirá cualquier defecto.

- En el desarrollo de la conformación de las capas base y subbase para pavimento, se debe de realizar un estricto control de calidad de los procesos constructivos y en la elaboración de las losas de concreto hidráulico realizar los ensayos requeridos para verificar la resistencia del concreto, para poder estar seguros de que la obra vial llegara al periodo de vida útil considerado en el diseño.

- Para la ejecución del proceso constructivo del pavimento se plantea como alternativa la ejecución de los trabajos de construcción a medio carril, tratando de aprovechar al máximo el ancho de la vía y espacios existentes, que permitan garantizar la circulación de los usuarios, minimizando los inconvenientes que se

generan al momento de intervenir vías.

- En caso de requerir cierre de la vía, se realizarán cierres parciales en horarios poco transitados para movimientos de maquinarias pesadas o descargue de suministros, para la ejecución de la obra se mantendrá la circulación a medio carril.

- La ejecución de la obra, requiere la disposición de un bloque con frentes de trabajo, este bloque estará compuesto por cinco (5) frentes de trabajo, los cuales se distribuirían así: Un (3) frente para la ejecución de pavimento, y un (2) frente para la ejecución de las obras hidráulicas. Al igual que la maquinaria requerida para la ejecución de las actividades aquí presentadas.

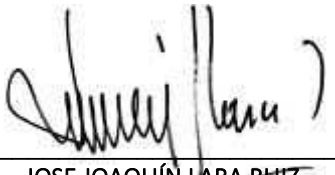
RECOMENDACIONES

- Como recomendaciones se tiene que para desarrollar una obra de infraestructura vial se deben seguir estándares de calidad y para esto se deben cumplir con las especificaciones de los procesos constructivos descritos en este documento.

- Los deterioros se deben a una serie de factores en los procesos de construcción deficientes (transporte, extensión y compactación), fórmula de trabajo deficiente, se recomienda seguir paso a paso esta guía con la cual podemos evitar incurrir en malas prácticas constructivas y afectar la durabilidad de los pavimentos.

- Se recomienda inspeccionar los equipos de compactación antes de ser usados en la obra, para verificar sus condiciones mecánicas.

ELABORÓ:



JOSE JOAQUÍN LARA RUIZ
ING. Civil. MP 13202-19729BLV