ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ubicación local zona de estudio 1

Figura 4-1. Ubicación general exploración en campo 7

Figura 5-1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g. 9

Figura 5-2. Extracto literal A.2.5.1 titulo A norma NSR-10 11

Figura 5-3. Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g. para el municipio de El Peñol. 12

Figura 6-1. Mapa geológico plancha 147, Medellín Oriental 13

Figura 7-1. Plancha 147, Mapa Geomorfológico Medellín Oriental 25

Figura 8-1. Sondeos exploratorios ejecutados. 30

Figura 8-2. Variación de la humedad natural y de los límites de consistencia con la profundidad. 35

Figura 8-3. Variación de la granulometría con la profundidad. 35

Figura 8-4. Ubicación del material fino granular analizado en la carta de Casagrande. 35

Figura 8-5. Variación del índice de plasticidad con la profundidad. 37

Figura 8-6. Variación del índice de consistencia con la profundidad. 38

Figura 8-7. Procedimiento de ejecución del ensayo PDC. 39

Figura 8-8. Elementos del equipo PDC. 39

Figura 8-9. Ubicación general de los ensayos PDC ejecutados 40

Figura 8-10. Ejecución del ensayo PDC en los tramos de vía analizado. 41

Figura 9-1. Estructura típica de pavimento flexible. 45

Figura 9-2. Vehículo de diseño, camión tipo C-3 52

Figura 9-3. Espesores de capas en la estructura de pavimento flexible Carrera 23c.....57

Figura 9-4. Espesores de capas en la estructura de pavimento flexible vía de ingreso vereda Horizontes.....57

Figura 12-1. Sistema de drenes por debajo del piso. 116

Figura 12-2. Esquema sub-dren trasdós muro de contención.....117

Figura 12-3. Detalle de zanjas de la corona para el control de las aguas superficiales en un talud 117

Figura 12-4. Esquema sub-dren de penetración en talud de lleno.....118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1. Características de los sondeos ejecutados 7
Tabla 5-1. Clasificación de los perfiles de suelos 8
Tabla 5-2. Valores del Coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro 10
Tabla 5-3. Valores del coeficiente de importancia, I 11
Tabla 5-4. Valores de KST/a_{max} mínimos para análisis seudoestático de taludes. 12
Tabla 8-1. Clasificación de los suelos según el grado de meteorización. 31
Tabla 8-2. Relación de ensayos de laboratorio realizados 33
Tabla 8-3. Resumen de los ensayos de propiedades índice de los materiales 33
Tabla 8-4. Potencial de expansión basado en los límites de consistencia 36
Tabla 8-5. Índice de consistencia de los suelos 37
Tabla 8-6. Propiedades de expansión y consistencia de los materiales 37
Tabla 8-7. Coordenadas y abscisas de los ensayos PDC ejecutados. 40
Tabla 8-8. Correlaciones para el cálculo del valor CBR a partir de los valores PDC 42
Tabla 8-9. Resultados ensayo PDC 1 42
Tabla 8-10. Resultados ensayo PDC 2 42
Tabla 8-11. Resultados ensayo PDC 3 43
Tabla 8-12. Resultados ensayo PDC 4 43
Tabla 8-13. Parámetros de la subrasante 43
Tabla 9-1. Especificaciones de materiales para reemplazo 51
Tabla 9-2. Parámetros de entrada para el modelo en la Carrera 23c. 54



Tabla 9-3. Parámetros de entrada para el modelo en la Vía de ingreso vereda Horizontes. 54

Tabla 9-4. Parámetros de entrada para el SN calculado para la Carrera 23c. 55

Tabla 9-5. Parámetros de entrada para el SN calculado para la vía de ingreso a la vereda Horizontes. 56

Tabla 12-1. Requisito de los materiales para Terraplenes..... 111

Tabla 12-2. Requisito de los materiales para Terraplenes..... 115

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Ensayo PDC
Anexo B	Ensayos de laboratorio
Anexo C	Aforos de tránsito
Anexo D	Cálculo de EE y TPD

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene el estudio para el diseño de pavimento en pavimento flexible del proyecto ubicado en la Carrera 23C y vía del Parque Agro-Empresarial del municipio de El Peñol, en el departamento de Antioquia, dicho proyecto comprende aproximadamente 150 m de conexión vial (90 m y 60 m respectivamente) y se encuentra en el costado norte del casco urbano del municipio (ver Figura 1-1).



Figura 1-1. Ubicación local zona de estudio
Fuente: Google Earth, 2025.

El proyecto se desarrolló dentro del marco normativo del *Instituto Nacional de Vías* (INVIAS) y la AASHTO-93.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1. OBJETIVO

Definir la estructura de pavimento del proyecto con base en:

i) Las características geomecánicas de la subrasante o de la estructura vial existente
ii) El número de repeticiones esperadas de ejes equivalentes.
iii) Las condiciones generales de la zona analizada.

Permitir identificar, analizar y evaluar mediante guías, ensayos y metodologías, los requerimientos necesarios para determinar los diseños para estructuras de pavimentos nuevos, como en este caso.

2.2. ALCANCE

- Identificar y caracterizar mediante técnicas de exploración y muestreo los materiales que conforman la subrasante en toda la longitud del proyecto.

- Realizar la exploración del subsuelo, según lo contenido en la norma INVIAS para diseño de pavimento flexible, NSR – 10 y CCP-14 o la normatividad vigente aplicable, cada sitio inestable o en las zonas que el geotecnista considere conveniente, las cuales deben alcanzar profundidades tales que permitan precisar la posición de superficies de falla, o espesores de las capas de suelos involucradas en los movimientos, los materiales presentes y posición de niveles de roca o suelos competente, la localización de los niveles freáticos y datos necesarios para el cálculo de la socavación, y determinar propiedades geo-mecánicas de los suelos que se utilizaran para el estudio geotécnico.

- Determinar y caracterizar mediante ensayos de laboratorio las propiedades físicas y mecánicas más importantes de los suelos representativos de la subrasante y homogenizar mediante los resultados de CBR, sectores para el diseño de la estructura del pavimento.

- Caracterizar geotécnicamente los materiales de obra, que componen la estructura de pavimento, en especial materiales de rodadura y de capas granulares, estabilizadas, según el caso.

- Definir los espesores y materiales más apropiados que pueden ser colocados de acuerdo con las condiciones del proyecto y que constituirán la estructura de pavimento; así como las zonas de extracción y sitios para disposición de materiales sobrantes de los materiales durante la construcción.

- Diseñar una estructura que sea cómoda, funcional, segura, económica y que cumpla técnicamente con la normativa vigente.

- Presentar recomendaciones técnicas, en especial en el proceso constructivo que contribuyan durante el proceso de obra para mitigar inadecuadas interpretaciones del diseño o inadecuadas prácticas de ingeniería que disminuyen la vida útil del pavimento.

3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Para llevar a cabo este estudio, se ha planificado un riguroso proceso de análisis que comprende diversas etapas, cada una de las cuales es fundamental para obtener una caracterización precisa del terreno. Estas etapas incluyen:

- Visita al proyecto y sus alrededores por parte de los profesionales en geología y geotecnia para determinar rasgos geomorfológicos y características con el objetivo de establecer preliminarmente las particularidades del tramo estudiado.

- Recopilación de información secundaria, como la ubicación del proyecto dentro del mapa Geológico y Geomorfológico de la plancha 147 Medellín Oriental, del Servicio Geológico Colombiano, 1975.

- Ejecución de sondeos exploratorios manuales y toma de muestras alteradas para la caracterización visual del suelo y determinación de propiedades índices y clasificación (enmarcados en la norma ASTM D 1586-11). Alcanzando las profundidades bastas y suficientes para la caracterización físico – mecánica del subsuelo por debajo del nivel de rasante proyectado

- Estimación de la posición del nivel freático en la zona de influencia del desarrollo del proyecto.

- Desarrollo de programa de ensayos de laboratorio para la caracterización física y mecánica de los materiales recuperados.

- Ejecución de ensayos *in* situ, como el ensayo PDC (penetrómetro dinámico de cono) para estimar la resistencia al corte de los materiales que conforman la subrasante y determinar su idoneidad para ejercer como base o subbase.

- Estimación de la capacidad de carga de la subrasante mediante el ensayo del California Bearing Ratio (CBR), ejecutado sobre muestras representativas recuperadas cada 250 m a lo largo del tramo diseñado o, en su defecto, estimar este parámetro con base en los resultados del ensayo PDC.

- En caso de que los resultados del ensayo CBR no sean satisfactorios, es decir, si los valores del CBR se encontrasen por debajo del 3%, se procederá con el diseño de un material de reemplazo idóneo para la subrasante mediante el método de la deflexión máxima, desarrollado por Ivanov (1973), el cual consiste en estimar la capacidad y espesor de la capa necesarios de dicho material para soportar las cargas que representará la implementación de la placa huella.

- Estimación de parámetros efectivos de resistencia a partir de información e investigaciones disponibles para materiales similares.

- Estimación de módulos elásticos a partir de las correlaciones para los valores de CBR obtenidos.

- Elaboración del perfil del subsuelo y posterior integración al modelo de cálculo para el estudio con base en los resultados de los ensayos de campo y laboratorio.

- Recomendaciones para obras de estabilización de taludes y obras complementarias.

4. TRABAJOS DE CAMPO

La campaña de exploración, siguiendo las recomendaciones del INVIAS para el diseño de pavimentos flexibles, deberá hacerse cada 250,0 m con una profundidad mínima de 1,5 m. El objetivo primordial de dicha campaña exploratoria fue proporcionar el conocimiento sobre el subsuelo hasta la profundidad auscultada y caracterizar física y mecánicamente los materiales que conformarán la subrasante además de estimar si la ubicación del nivel freático se encuentra dentro de esta profundidad explorada.

Para esta campaña, se llevaron a cabo sondeos exploratorios manuales, los cuales constaron de apiques o calicatas con dimensiones mínimas de 1,0 m X 1,0 m X 1,5 m, de los cuales se extrajeron muestras alteradas con el objetivo de realizar ensayos de clasificación de estos materiales para obtener sus propiedades índice, como la humedad natural, distribución granulométrica e índices de consistencia de la porción fina. Se consideró que con esta densidad de sondeos se cubre de manera amplia y basta el corredor vial y la zona de estudio en general.

Posteriormente, se ejecutaron ensayos en sitio de resistencia al esfuerzo cortante, mediante el equipo PDC (Penetrómetro Dinámico de Cono) (INV-172), además, se llevó a cabo un programa de laboratorio, dentro del cual se contemplaron distintos ensayos que permitieran principalmente la caracterización física de los materiales recuperados, es decir, ensayos de clasificación de los materiales, como la medida del contenido de agua o humedad natural (INV-122), límites de consistencia (INV-125), análisis granulométrico con lavado sobre el tamiz 200 (INV-123).

En la Tabla 4-1 se encuentra la ubicación, altura y profundidad de los sondeos ejecutados. Estas coordenadas fueron tomadas mediante un GPS marca Garmin referencia E-TREX, el cual posee un margen de error de 5,0 m. Además, en la Figura 4-1 se puede observar la distribución en planta de los sondeos exploratorios realizados dentro del corredor vial.

Tabla 4-1. Características de los sondeos ejecutados

Sondeo	Profundidad (m)	Coordenadas globales WGS-84			
		Latitud	Longitud	Altura (m s.n.m.)	Abscisa
AP1-PDC1	1,5	6°13'21.30"N	75°14'44.33"O	1.963	km 0+045
PDC2	-	6°13'20.29"N	75°14'45.04"O	1.965	km 0+090
PDC3	-	6°13'22.42"N	75°14'43.49"O	1.958	km 0+000
AP2-PDC4	1,5	6°13'25.72"N	75°14'43.10"O	1.963	km 0+030

Fuente: DYCO S.A.S., 2025



Figura 4-1. Ubicación general exploración en campo
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

5. EFECTOS SÍSMICOS LOCALES NSR-10

Se realizó la caracterización del tipo de perfil de suelos a partir de los resultados del ensayo SPT, en este caso, siendo necesario emplear el número promedio de golpes ($\overline{N}$), de acuerdo con lo establecido en el titulo A de la norma NSR-10 (ver Tabla 5-1).

Tabla 5-1. Clasificación de los perfiles de suelos

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\overline{V}s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\overline{V}s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	760 m/s > $\overline{V}s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda que cumpla con cualquiera de los dos criterios	$\overline{N} \geq 50$ $\overline{S}_u \geq 100$ kPa (≈ 1,00 kgf/cm2)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	360 m/s > $\overline{V}s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones	$50 > \overline{N} \geq 15$ 100 kPa (≈ 1,00 kgf/cm2) > $\overline{S}_u \geq 50$ kPa (≈ 0,50 kgf/cm2)
E	Perfil que cumpla con el criterio de velocidad de la onda de cortante	180 m/s > $\overline{V}_s$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈ 0,50 kgf/cm²) > $\overline{S}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: * F1 - Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. * F2 - Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3,0 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). * F3 - Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7,5 m con índice de plasticidad IP > 75). * F4 - Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36,0 m)	

Fuente: NSR-10, Título A, 2010

Con base en los resultados de ensayos SPT ejecutados en la zona, se tiene un N_{SPT} promedio infeerior a los 50 golpes, por lo tanto, se estima un suelo con perfil tipo D.

Para los análisis seudo-estáticos, se emplean las recomendaciones dadas en el numeral H.5.2.5 de la NSR-10, en donde se especifica el coeficiente de diseño para análisis seudo-estáticos de taludes (KST) en función de la aceleración máxima del terreno (a_{max}), calculada en función de la aceleración pico efectiva (a_a), del factor de amplificación (F_a) y del coeficiente de importancia (I), así:

$$a_{max} = a_a * F_a * I$$

Ecuación 5-1 aceleración pico del terreno (NSR-10, Título A, literal A.2.6.1.1)

Este valor de a_{max} se extrae como la aceleración inicial o aceleración en el periodo cero del espectro de aceleraciones cuya construcción se indica en el capítulo A.2.6.1.2 del Título A de la norma NSR-10, y señalado en la Figura 5-1.

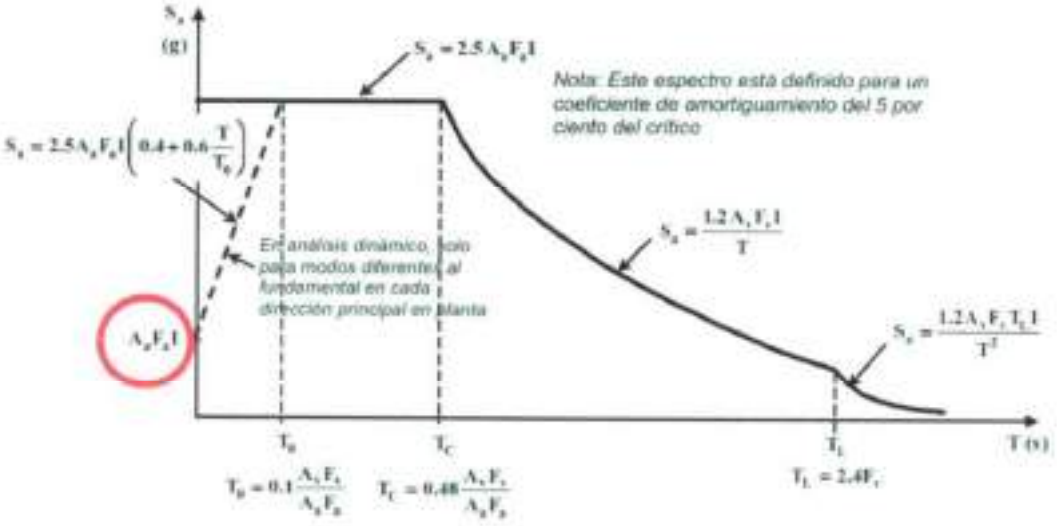


Figura 5-1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g
Fuente: NSR-10, Título A, 2010.

La microzonificación sísmica incluida en el título A de la norma NSR-10, estableció un valor para A_a de 0,15 para sismos de servicio en la zona del proyecto.

El factor de amplificación (Fa) se extrae de la tabla A.2.4-3 de la norma NSR-10 título A y está dado en función del tipo de perfil de suelo y el coeficiente de aceleración pico efectivo en roca (A_a) según la ubicación del proyecto. Para este caso, con A_a de 0,15 y tipo de suelo D, se considera un Fa de 1,5 (ver Tabla 5-2).

Tabla 5-2. Valores del Coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de perfil	**Intensidad de los movimientos sísmicos**				
	Aa ≤ 0,1	**Aa = 0,2**	**Aa = 0,3**	**Aa = 0,4**	**Aa ≥ 0,5**
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1	1	1	1	1
C	1,2	1,2	1,1	1	1
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Especial				

Fuente: NSR-10, Título A, 2010.

Por tratarse de dos taludes adyacente a una vivienda, es decir, edificación catalogada dentro del grupo de uso I, de acuerdo con el literal A.2.5.1. del título A de la norma NSR-10, así como se indica en la Figura 5-2.

A.2.5.1 — GRUPOS DE USO — Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso:

A.2.5.1.1 — *Grupo IV — Edificaciones indispensables* — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe incluir:

(a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias,
(b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión,
(c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,
(d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos,
(e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público, y
(f) En el grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.

A.2.5.1.2 — *Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad* — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

(a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
(b) Garajes de vehículos de emergencia,
(c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
(d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza,
(e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
(f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

A.2.5.1.3 — *Grupo II — Estructuras de ocupación especial* — Cubre las siguientes estructuras:

(a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,
(b) Graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez,
(c) Almacenes y centros comerciales con más de 500 m² por piso,
(d) Edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud, no cubiertas en A.2.5.1.1,
(e) Edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas, y
(f) Edificios gubernamentales.

A.2.5.1.4 — *Grupo I — Estructuras de ocupación normal* — Todas la edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.

Figura 5-2. Extracto literal A.2.5.1 título A norma NSR-10
Fuente: NSR-10, Título A.

El coeficiente de importancia (I) de acuerdo con la tabla A.2.5-1 del título A de la norma NSR-10 y relacionada a continuación, es de 1,00, como se puede observar en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3. Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de uso	Coeficiente de importancia, I
IV	1,50
III	1,25
II	1,10
I	1,00

Fuente: NSR-10, Título A.

Reemplazando estos valores, se obtiene un a_{max} de 0,225 g.

El coeficiente sísmico de diseño para análisis pseudoestático de taludes, el cual debe tener un valor igual o inferior al a_{max}, se calcula en función del material presente en el perfil de suelos y del tipo de análisis según lo indicado en la tabla H.5.2-1 del título H de la norma NSR-10, presentada en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4. Valores de KST/a_{max} mínimos para análisis seudoestático de taludes.

Material	KST/a_{max} mínimo	Análisis de amplificación mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%)	0,80	Ninguno
Macizos rocosos (RQD > 50%)	1,00	Ninguno
Todos los materiales térreos	0,67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar
Todos los materiales térreos	0,50	Amplificación de onda bidimensional

Fuente: NSR-10, Título H.

De acuerdo con el perfil estratigráfico encontrado en el sitio de estudio y referido a los valores establecidos en la Tabla 5-2 se determina qué la relación KST/a_{max} para el proyecto corresponde a Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD<50%), es decir, se despeja KST, de la siguiente forma: KST = 0,8*a_{max}. Finalmente, coeficiente sísmico de diseño para análisis seudoestático (KST) es KST = 0,8 * 0,225, entonces KST = 0,23 = K_h.

El coeficiente sísmico de diseño vertical, K_v, corresponde a 2/3 de la aceleración horizontal; es decir, K_v = 0,18. El espectro de respuesta para este municipio se puede observar en la Figura 5-3.

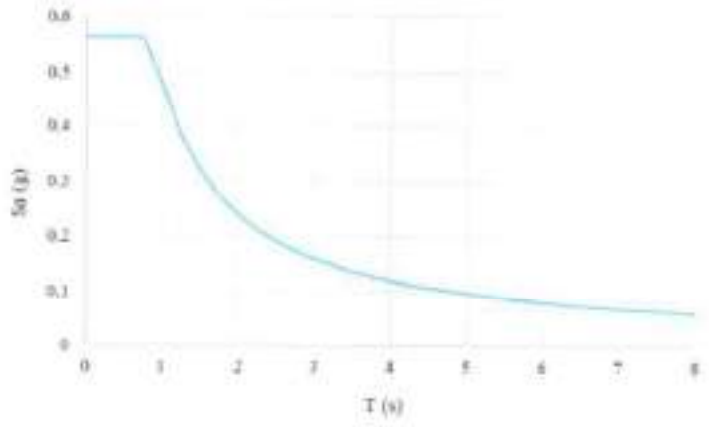


Figura 5-3. Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g. para el municipio de El Peñol.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

6. GEOLOGÍA REGIONAL

El proyecto para la construcción de la vía se ubica según la plancha 147 de Medellín Oriental, a nivel regional sobre las unidades geológicas de *Depósitos Aluviales (Q2al), Batolito Antioqueño (K2ta, K2mg) y Complejo El Retiro (PRam)*, tal y como se observa en la Figura 6-1.

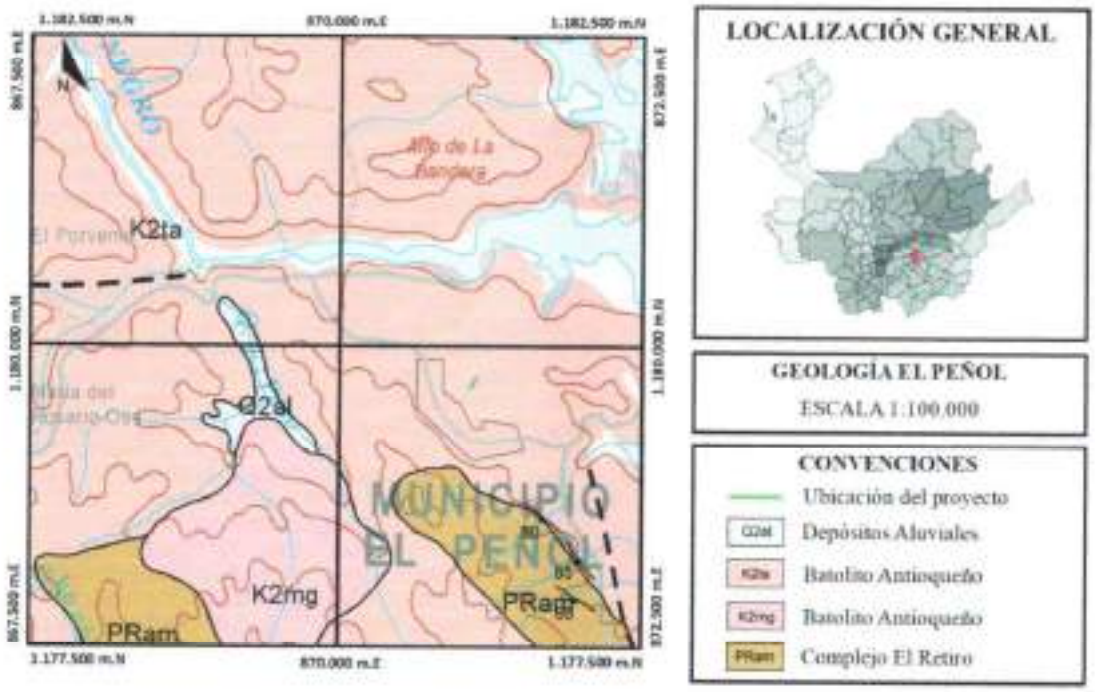


Figura 6-1. Mapa geológico plancha 147, Medellín Oriental
Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2005.

A continuación, se presenta la descripción de las unidades geológicas que se encuentran dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto.

6.1. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q2AL)

Los depósitos aluviales en la plancha 147 Medellín Oriental ocupan las llanuras de inundación de los cauces actuales; están conformados por material suelto como bloques y

gravas de rocas metamórficas, plutónicas y cuarzo en diferentes proporciones en una matriz de material arcillo – arenoso no coherente. De los depósitos aluviales en plancha, por su extensión y amplitud se destacan los que se encuentran a lo largo de los ríos Medellín, Negro, Pereira y las quebradas La Mosca, Cimarrona, La Honda, Ovejas, Marinilla y La Magdalena.

En el río Medellín los depósitos aluviales generados por el río y sus afluentes tienen forma alargada irregular y de abanicos con variedad en litología, tamaño y espesor que aumenta su extensión hacia el Norte del valle.

Estos depósitos están conformados por bloques y gravas de dunitas, rocas ígneas plutónicas (diorita, cuarzodiorita), metamórficas (neises y anfibolitas) y cuarzo en diferentes proporciones y sin estratificación, en una matriz de arena gruesa a gravas medias o areno limosa, de color gris, con cementación débil a moderada.

Los clastos están, por lo general, mal seleccionados, con formas desde subangulares a redondeadas, en tamaños desde métricos hasta centimétricos, en algunos casos muestran una imbricación en el sentido de la corriente, en otros, deposición sin estratificación. Aunque los depósitos aluviales son comunes a lo largo de la mayoría de las corrientes en el área de la plancha, por su extensión y amplitud no todas son representables a la escala del mapa geológico y sólo aparecen en éste los de mayor extensión. También se da el caso que, aunque aparecen marcados como aluviones, pero existen dentro de estas zonas, acumulaciones de material coluvial que por su ocurrencia local y poca extensión no se han separado.

Los espesores de estos depósitos oscilan entre 10 m y 20 m, pero en el valle del río Medellín existen depósitos como los aluviotorrenciales de las quebradas La García y La Seca en Bello que alcanzan espesores hasta de 60 m (Área Metropolitana, 2002).

Debido a su alta permeabilidad, exhiben un grado de meteorización alto, actualmente son disectados por las mismas corrientes que formaron dichos depósitos. Un perfil típico de esta

unidad está descrito en el informe de Microzonificación de Valle de Aburrá (Área Metropolitana, 2002) en la cantera de CONASFALTOS (Bello):

Horizontes A-B. Conformada por una capa orgánica limo arenoso de color gris oscuro con un espesor de 0,4 m.

La infrayacen arenas finas con lentes de limos y arcillas de color gris claro. Hacia la base se presenta un paquete de color gris claro de gravas finas a gruesas, subredondeadas y subesféricas de neis, cuarzo, basalto, cuarcita y esquistos, entre otros, clastosoportada embebida en una matriz arenosa débilmente cementada, dura, seca y no plástica con una relación gravas arena de 90/10 con un espesor de 10 m.

En las canteras de CONASFALTOS, PROCOPAL, Agregados y Triturados del Norte y Áridos de Antioquia la zona de explotación alcanza los 40 m de potencia en una columna estratigráfica donde predominan las gravas en paquetes con espesores superiores a los 20 m. Estos depósitos aluviales son del Holoceno y su espesor está en aumento debido a la sedimentación actual a lo largo de los canales de flujo y zonas aledañas sometidas a inundaciones periódicas y avalanchas ocasionales (Área Metropolitana, 2002). (Rodríguez, Gonzáles, & Zapata, 2005).

6.2. BATOLITO ANTIOQUEÑO (Q2TA Y Q2MG)

El nombre de esta unidad proviene del departamento de Antioquia (Botero 1940,1942) donde aflora sobre la parte axial de la Cordillera Central, cubriendo un área aproximada de 7.800 km2, sin incluir los cuerpos satélites, separados del cuerpo principal por rocas metamórficas. En la plancha 147 Medellín Oriental, de este cuerpo afloran 1.100 km2, un 14% de la extensión total; hacia la parte oriental y aunque en gran parte presenta una meteorización profunda, se puedan observar algunos afloramientos característicos en los cortes de las vías Santuario (H-6) – río Cocorná (H-8), Marinilla (F-6) - El Peñol (F-7) – Guatapé (F-9), Guarne (C-3) - San Vicente (C-6), Autopista Medellín – Guarne, entre el alto de Las Rosas (B-3) y

Guarne (C-3), en los ríos Cocorná (H-8), Rionegro (D-6, 7) y en varias de las quebradas que drenan el área.

En el presente trabajo se han considerado como parte del Batolito Antioqueño, posiblemente apófisis de éste, algunos cuerpos menores granitoides que, aunque separados geográficamente del cuerpo principal, presentan características litológicas, mineralógicas y texturales similares y una posición que hace suponer una relación genética con éste. Entre estos cuerpos se destacan los siguientes:

- Las Estancias (D12). Cuerpo localizado entre los bloques sur y central de la Dunita de Medellín, en contacto fallado con esta unidad e intrusivo en anfibolitas, presenta una forma irregular con una extensión de 3,6 km2, longitud mayor de dirección SW-NE de 2 km y una amplitud NW–SE de 1,2 km.

- Vereda La Quiebra - quebrada Palmichal (E-3). Cuerpo elongado en dirección N-S con una longitud de 2,3 km y amplitud promedio de 0,8 km, con una extensión de 1,8 km2, Intrusivo en anfibolitas con aureola de contacto caracterizado por zonas migmatiticas de inyección.

- Vereda Guaponte (C-4): Cuerpo elongado de dirección N-S con una longitud de 2.5 km y amplitud promedia de 0,7 km, con una extensión de 1,7 km2, es intrusivo en neises formando migmatitas de inyección con leucosoma cuarzo – feldespático en venas o bandas paralelas a la foliación metamórfica regional.

- Vereda El Pozo (E-7, 8): Cuerpo de dirección N15°W con una longitud de 3,3 km y amplitud variable de entre 1,9 km en el extremo norte y 0,7 al sur, con una extensión de 4,3 km2. Este cuerpo tiene una composición más ácida que la facies normal del Batolito y está limitando al E por la facies normal del cuerpo plutónico principal y al W por un cuerpo de anfibolita.

Las rocas del Batolito Antioqueño y los procesos de meteorización y erosión que sobre ellas han actuado generan geoformas de semicolinas redondeadas de poca altura, donde los agentes

de transporte del material, modelan el paisaje y contribuyen a formar vertientes cortas en valles estrechos, con drenaje dendrítico como respuesta a los procesos de escorrentía. Esto permite encontrar el material saprolítico profundo expuesto en superficie que luego es fácilmente removilizado por procesos erosivos.

El paisaje sobre el Batolito Antioqueño está constituido además por depósitos aluviales con algunas terrazas de poca altura y valles asociados a drenajes naturales de poca longitud donde los procesos de sedimentación han sido favorecidos por una disminución del gradiente hidráulico. Estas geoformas se encuentran a lo largo de los drenajes activos y morfológicamente presentan superficies planas con poca inclinación y localmente fuertemente disectadas.

La región de los valles de Rionegro, Guarne, Marinilla, San Vicente, El Peñol y Guatapé entre las cotas 2.200 y 1.950 msnm (embalse El Peñol), presenta colinas con sus superficies convexas, semejantes a domos de poca altura, disectadas por un drenaje semidendrítico, localmente modificado por la acción antrópica que produce deterioro en el paisaje en los canales naturales. En estas colinas no se ha desarrollado la meteorización profunda de las rocas del Batolito Antioqueño característica en otras regiones.

En la zona de El Peñol – Guatapé, el paisaje se caracteriza por colinas ligeramente alargados y cerros más pronunciados que los de los valles de Rionegro – Guarne - Marinilla y constituyendo localmente geoformas sobresalientes por su altura y diámetro conocidos en la región como "peñoles". (Rodríguez, Gonzáles, & Zapata, 2005).

6.3. COMPLEJO EL RETIRO, ANFIBOLITAS DE MEDELLÍN (PRAM)

La unidad metamórfica de mayor extensión en la plancha 147 Medellín Oriental está constituida por varios cuerpos de anfibolitas, que en conjunto han sido denominadas Anfibolitas de Medellín; estos cuerpos pueden presentar variaciones texturales y mineralógicas y en las relaciones con otras unidades litológicas, lo cual podría indicar más

de un origen, edad e historia metamórfica. Sin embargo, teniendo en cuenta el detalle de la cartografía geológica hecha durante el proyecto y la información petrográfica y geoquímica disponible, se considera como una sola unidad homogénea.

Teniendo en cuenta la distribución espacial y relaciones en el área de la plancha 147, se han separado dentro de la unidad de las Anfibolitas de Medellín los siguientes cuerpos:

1. Anfibolitas de la vereda Guarinó - San Bonifacio. Afloran al sur del Carmen de Viboral (H-6) en límite con la plancha 167 Sonsón y se extiende hacia esta plancha (González et al., 1980). Constituye un cuerpo de forma irregular, de dirección N-S, con una longitud de 5,7 km en el borde oriental y amplitud entre 6,8 km en el extremo sur y 2,3 km en el norte con una extensión de 25 km^2 en la plancha 147.

Al Norte y Occidente aparece cubierto por depósitos cuaternarios y es intruido al Este por el Batolito Antioqueño. Las mejores exposiciones se encuentran en los carreteables que salen de El Carmen hacia Boquerón (H-7) y El Santuario (H-9).

2. Anfibolitas de La Ceja. Afloran hacia el límite con la plancha 167 Sonsón, y se prolongan hacia ésta (González et al., 1980) constituyendo un cuerpo con forma de paralelogramo con su base mayor hacia el Sur de 5,8 km de longitud y la menor al Norte con 3,8 km y una longitud Norte-Sur de 4,5 km, para una extensión, en la plancha 147, de 40 km^2.

Tanto hacia el Este como al Norte y Sur, aparece cubierto por los depósitos cuaternarios de los ríos Pereira y Piedras (H-4) mientras que al Occidente aparece en contacto con neises con los cuales se intercala en capas de poco espesor, especialmente cerca al contacto entre ambas unidades. Las anfibolitas aparecen profundamente meteorizadas y los afloramientos son ocasionales en la zona del cerro Capiro (H-4) y en las vías de la Ceja hacia Rionegro (F-5) y La Unión en la Plancha 167 Sonsón.

- Cuerpos menores de anfibolitas intercalados a diferentes escalas con neises, son comunes en esta unidad, aunque en el mapa geológico sólo se indican las mayores que son representables a la escala del mapa, siendo más abundantes hacia el contacto entre ambas unidades. Las mejores exposiciones de esta relación se encuentran en la vía Don Diego (G-3) - La Ceja en las inmediaciones del parador Tequendamita (H-3) donde las intercalaciones son continuas por varios kilómetros y hacia el suroeste desaparecen o se adelgazan. Hacia las veredas Papayal (H-2), Chapinero (H-2, 3) y EL Chuscal (H-3) predominan los neises y migmatitas cuarzo - feldespáticas con capas delgadas esporádicas de anfibolita de menos de 50 m de amplitud. En la vereda Tablacito (G-2) afloran neises y anfibolitas preferiblemente y en las cabeceras de la quebrada Espíritu Santo (G-2) predominan anfibolitas con intercalaciones delgadas concordantes de neises.

3. Cuerpo de anfibolita entre la Vereda El Totumo (A-2) al Norte y Juan XXIII (D-4) al Sur. Incluye las veredas de El Salado (B-2), Juan Cojo (B-2, 3) y El Palmar interrumpido a la altura del río Medellín, por depósitos aluviales y luego continua hacia la Vereda Curazao (A-2) prolongándose hacia la plancha 131 Santa Rosa de Osos. Este cuerpo tiene dirección N15-20°W con una longitud de 16 km y una amplitud promedia de 2,8 km, estrechándose hacia el sur donde tiene menos de 1 km con una extensión total en la plancha 147 Medellín Oriental, de 38 km^2.

Este cuerpo es intruido por el Batolito Antioqueño, excepto en su extremo sureste donde aparece en contacto con el Neis de La Ceja intercalándose ambos tipos de roca en la zona de contacto; cerca al río Medellín (A-2) aparece cubierto en la zona plana por depósitos aluviales y hacia las laderas por depósitos de vertiente donde predominan bloques de esta misma unidad.

Anfibolitas de la Fe (G-2), Piedras Blancas (C-2) y se extiende hasta las veredas El Nogal (A-2) y La Veta (A-2) en el municipio de Bello. Este es el cuerpo principal de las denominadas Anfibolitas de Medellín, tiene forma tabular con la dimensión mayor en sentido

Norte - Sur concordante con las estructuras regionales de 22 km y amplitud variable entre 5,5 km en el extremo norte, donde se prolonga hacia la plancha 131 Santa Rosa de Osos, 5,2 km a la altura de Piedras Bancas (C-2) ampliándose en la parte centro – sur entre los cuerpos sur y central de la Dunita de Medellín y 1,6 km en la Fe (G-2) con una extensión de 130 km2 en la plancha 147 Medellín Oriental.

Este cuerpo está al Occidente en contacto fallado con la Dunita de Medellín y las Migmatitas de Puente Peláez con desarrollo de una delgada franja de neises miloníticos en el contacto con la dunita. Al Oriente el contacto con el Neis de La Ceja también es fallado y solo localmente, en la parte sur y sureste, parece ser concordante entre ambas unidades metamórficas; a la altura del río Medellín depósitos aluviales y de ladera interrumpen la continuidad del cuerpo.

En la curva de Rodas (B-1) sobre la autopista Medellín – Guarne, la anfibolita en el contacto con la Dunita de Medellín, presenta una estructura microplegada mientras que al Oriente estas rocas no presentan una crenulación evidente. Los plegamientos y evidencias de una deformación dúctil, especialmente en los ejes de los microplegamientos, tanto en la plagioclasa como en la hornblenda, son claros al acercarse al contacto con el cuerpo ultramáfico; la plagioclasa presenta una fuerte extinción ondulatoria pero no se observa recristalización lo cual indicaría que la deformación con cambio textural ocurrió bajo condiciones de temperatura de medio grado de metamorfismo. Martens (2003) también menciona procesos de milonitización en el Neis augen de Las Palmas espacialmente relacionados al contacto con la Dunita de Medellín aumentando el grado de deformación de Oriente a Occidente lo cual implicaría que el último evento de metamorfismo dinámico que afectó tanto las anfibolitas como el neis, estuvo relacionado al cabalgamiento de la dunita en condiciones de temperatura del medio grado de metamorfismo.

Los mejores afloramientos y de más fácil acceso a este cuerpo de anfibolitas se encuentran en las vías Las Palmas (G-1) - Represa de la Fe (G-2), Las Palmas – aeropuerto de Rionegro

(E-4), Santa Elena (D-2), Medellín (B-1), Santa Elena – Guarne (C-2) y en las quebradas Santa Elena (D-1) y Piedras Blancas (C-2, B-2).

4. Techos pendientes de anfibolita sobre el Batolito Antioqueño. Corresponden a cuerpos de anfibolitas de dimensiones variables sobre el Batolito Antioqueño que son comunes tanto en la zona de borde occidental de éste, como en la parte central. Estos cuerpos no muestran por lo general evidencias de haber sido intruidos por el Batolito, pero si son claros, en muchos de ellos, efectos térmicos, atribuibles al calentamiento producido durante el emplazamiento del Batolito a niveles corticales superiores, proceso durante el cual pudo haber levantado fragmentos de la roca encajante, anfibolitas, quedando éstas como techos pendientes sobre la masa batolítica.

Entre estos cuerpos de anfibolita, por sus dimensiones y continuidad se mencionan los siguientes, aunque es de anotar que existen más cuerpos de estas características que por sus dimensiones no aparecen representados en el mapa.

- El Escorial (E-8). Cuerpo de dirección N45°W, con una longitud de 3,2 km y amplitud de 0,7 km y una extensión de 2,3 km^2.

- El Salto (F-8) Tres cuerpos de forma circular con su eje mayor de dirección variable N-S a N80°W y extensión 0,4; 0,35 y 0,1 km^2, respectivamente.

- Las Brisas (G-8). Cuerpo irregular de 1,7 km de longitud y amplitud variable entre 0,2 km en el extremo norte y 10 km en él sur y una extensión de 1,2 km^2.

- La Palma – Vereda El Pozo, (E-7). Cuerpo irregular de 1,5 km2 limitado al este por una facies granítica (?) del Batolito Antioqueño.

5. Cuerpos menores de anfibolita al Occidente de la Dunita de Medellín. Por sus relaciones con respecto a las rocas a las cuales están asociadas estas anfibolitas se pueden subdividir en:

a) Techos pendientes sobre el Gabro de San Diego; son cuerpos de formas irregulares menores de 1 km^2 que se encuentran entre la variante de Las Palmas y la parte alta de El Poblado (D-1).

b) Cuerpos localizados al Occidente de la Dunita de Medellín entre (D-1) y (C-1) directamente en contacto tectónico con ésta y en parte cubiertos por depósitos de ladera, con una extensión entre 1 y 2 km^2.

Al oriente del altiplano de Santa Elena (D-1), los afloramientos de los diferentes cuerpos de anfibolita se destacan por una morfología de cerros y pendientes fuertes a moderadas cortas, con una zona donde la topografía es relativamente plana y las rocas presentan un avanzado estado de meteorización mientras que al Occidente en la vertiente oriental del Valle de Aburrá, las fuertes pendientes y la profunda socavación de las corrientes que drenan hacia el río Medellín, permiten mejores y más continuas exposiciones de los cuerpos de anfibolita, encontrándose rocas relativamente frescas tanto en los cauces de las quebradas como en los cortes de las vías que atraviesan el área.

El perfil generalizado de meteorización de la anfibolita, cerca de Sajonia (F-3), se compone de un nivel de suelo (VI) de color crema a gris claro que localmente presenta incidencia de cenizas volcánicas, un nivel saprolítico de color pardo amarillento a pardo rojizo característico, producido por la alteración de la hornblenda y que localmente presenta un bandeamiento débil con capas finas de color blanco a amarillo pálido producido por la alteración de zonas ricas en plagioclasa. Este saprolito puede variar en la coloración a gris verdoso, pero por lo general predominan los tonos pardos debido al predominio de la

hornblenda en la composición mineralógica de las anfibolitas y puede contener bloques de roca relativamente fresca.

El perfil de meteorización generalizado en los cuerpos de anfibolita presenta las siguientes características:

Horizonte A – B: Horizonte orgánico de 30-40 cm de espesor, varía de acuerdo con la pendiente del terreno.

Horizonte VI: Suelo residual de espesor variable, color gris claro a blanco, consistencia suave, no plástico, húmedo y poco cementado. Espesor 40-50 cm.

Horizonte V: Roca meteorizada con un espesor promedio de 1,5 m, color moteado blanco y negro heredado, deleznable, consistencia firme, no plástico, húmedo y poco cementado.

Horizonte IV: Roca profundamente meteorizada, color gris moteado de blanco, deleznable, consistencia firme, no plástico, húmedo débilmente cementado. Espesor indeterminado.

Horizonte III: Roca moderadamente meteorizada de color pardo amarillento con plagioclasa y hornblenda, textura limosa, consistencia firme, seco, plasticidad muy baja, cementación moderada.

La estructura en las anfibolitas varía entre néisica y esquistosa, pudiendo ser masivas localmente, algunas veces bandeada por la segregación diferencial durante el metamorfismo de plagioclasa y hornblenda o variación en la granulometría de una banda a otra. Estructuras migmatíticas se presentan localmente cerca al contacto con el Batolito Antioqueño y están definidas por la segregación o la inyección de venas irregulares, a veces lentes de feldespato y cuarzo, el tamaño del grano varía de fino a medio pero en algunas anfibolitas de estructura néisica el grano es más grueso el color predominante es negro moteado de blanco con un tinte verdoso oscuro por uralitización y cloritización de la hornblenda y foliación definida

por la orientación plana de la hornblenda, aunque en muestra de mano ésta puede pasar desapercibida.

En las anfibolitas intercaladas con neises, tanto la foliación como el bandeamiento son concordantes con los límites de las capas de estas dos litologías. En algunos afloramientos se observan plegamientos de orden métrico y localmente se encuentran pliegues centimétricos simétricos muy apretados. (Rodríguez, Gonzáles, & Zapata, 2005).

7. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se encuentra ubicado en las unidades geomorfológicas denominadas *Lomerios Disectados (Dldi), Lomerios Muy Disectados (Dlmd), Lomerios Poco Disectados (Dlpd), Planicie Aluvial Confinada (Fpac) y Embalses (Aemb)*. En donde predominan los ambientes geomorfológicos: denudacional, antropogénico, fluvial y lagunar. Dichas geoformas se pueden ver en la Figura 7-1.



Figura 7-1. Plancha 147, Mapa Geomorfológico Medellín Oriente
Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2015

7.1. LOMERÍOS DISECTADOS (DLDI):

Son prominencias topográficas de morfología alomada, con índice de relieve bajo, con cimas subredondeadas y amplias, laderas cortas de forma cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos

y cuyas laderas se caracterizan por la moderada disección, generando valles en U con fondo redondeado a plano. Se presentan movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional y procesos erosivos superficiales severos asociados a la actividad agropecuaria intensiva.

En la Plancha 147 se encuentran ocupando un área muy extensa; y son los de mayor extensión la cuenca del Río Negro y la quebrada la Mosca en los municipios de Rionegro, Marinilla, Santuario, San Vicente y Guarne; otros corresponden por aquellos aledaños o inmersos dentro del embalse del Peñol y otros localizados más al norte, en los municipios de San Vicente y Concepción. (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

7.2. LOMERÍOS MUY DISECTADOS (DLMD):

Son las prominencias topográficas de morfología alomada, con índice de relieve bajo, cimas agudas a redondeadas estrechas, de laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncavas a rectas y de pendientes abruptas a escarpadas. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la alta disección, generando valles en V abiertos. Estos lomeríos generalmente se encuentran en los bordes de altiplanos. En esta unidad los movimientos en masa más característicos son los deslizamientos rotacionales y traslacionales, así como procesos erosivos superficiales severos por la actividad agropecuaria de la zona.

Este tipo de unidades son más comunes hacia los bordes del altiplano, aunque se pueden encontrar al interior en el municipio de San Vicente y hacia los bordes en los municipios de Concepción, Cocorná, Granda y El Peñol. (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

7.3. LOMERÍOS POCO DISECTADOS (DLPD):

Son prominencias topográficas de morfología alomada con índice de relieve muy bajo, con cimas planas amplias y redondeadas a subredondeada, de laderas muy cortas a cortas, y de formas cóncavas y convexas, con pendientes inclinadas a muy abruptas, y un patrón de drenaje dendrítico con un grado de incisión leve formando valles abiertos en "U".

Generalmente estas unidades se encuentran en las áreas centrales del altiplano alejadas de los frentes erosivos. Son frecuentes los procesos erosivos superficiales como terraceos y surcos, algunos movimientos en masa tipo reptación y eventualmente algunos pequeños deslizamientos rotacionales por la deforestación y la actividad agropecuaria intensiva.

En la plancha 147 los encontramos distribuidos por el altiplano, el más extenso corresponde al sector comprendido entre el corregimiento de Santa Elena del municipio de Medellín al norte, hasta el sector del Alto de las Palmas al sur, en el municipio de Envigado, y distribuido en otros sectores como en la vía que comunica el municipio de Marinilla con el Peñol y en el municipio de Guarne en la vereda Guapante. Y al norte de la plancha en el municipio de San Pedro de los Milagros. (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

7.4. PLANICIE ALUVIAL CONFINADA (FPAC)

Franja aluvial de morfología plana, muy angosta, confinada y en forma de "U", y constituida por material aluvial. Esta unidad está asociada a los cauces aluviales del altiplano, que son muy pequeños y eventualmente inundables, limitados por las unidades denudacionales de índice de relieve bajo a muy bajo, en los cuales se observa el estrangulamiento o estrechamiento de los cauces y por relieves más altos como los lomos denudados en la cuenca del río Cocorná y sus afluentes las quebradas la Chorrera y la Trinidad. (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

7.5. EMBALSES (AEMB)

Corresponden a las obras de presa construidas para el abastecimiento de agua para consumo humano y energía, conocidos como el Embalse de. La Fe en el Municipio del Retiro, Embalse de Piedras Blancas entre los municipios de Medellín y Guarne y el Embalse del Peñol que cubre la mayor parte de los municipios de El Peñol y Guatapé, y alcanza por su gran extensión a tener influencia en los municipios de Concepción y Alejandría. (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

Con base en la revisión de la información geológica y geomorfológica se puede concluir que el tramo que será intervenido se encuentra dentro de una misma zona homogénea dadas las características litológicas y topográficas similares. Esta información fue verificada con los resultados de los ensayos PDC, mediante los cuales se obtuvo resultados similares para este tramo.

8. DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO

La descripción integral del subsuelo, la cual comprende la caracterización físico – mecánica de los materiales que lo componen, rasgos particulares, posición del nivel freático, influencia de estructuras existentes cercanas, influencia de cuerpos de agua presentes en la zona, entre otros, se llevará a cabo de manera detallada con base en información de primera mano proveniente de los sondeos exploratorios, ensayos en campo y ensayos de laboratorio, además de la utilización de información secundaria, la cual se describe a continuación.

8.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

En la campaña de exploración llevada a cabo se emplearon métodos directos manuales que permitieron la recuperación de muestras de material en estado alterado, con la densidad de sondeos que se describe en el Capítulo 4.

La campaña de exploración directa llevada a cabo constó de dos (2) apiques manuales a una profundidad aproximada de 1,5 m desde el nivel de rasante actual, los cuales se consideran bastos teniendo en cuenta el tipo de estructura de pavimento analizada y las cargas que esta representa. La localización de los sondeos se puede observar en la Figura 4-1, las características y coordenadas de dichos sondeos se relacionan en la Tabla 4-1 y parte de su proceso de ejecución se muestra en la Figura 8-1.

La profundidad de los sondeos fue cuidadosamente seleccionada para asegurarse de que se incluyeran todos los estratos de suelo que podrían ser relevantes para el diseño de la estructura del pavimento. La exploración hasta esta profundidad permite identificar y caracterizar de manera exhaustiva las capas del terreno, desde las más superficiales hasta aquellas más profundas, que podrían influir en la estabilidad y capacidad de carga de la subrasante.

Los datos obtenidos a través de estos sondeos son esenciales para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los distintos estratos del subsuelo, incluyendo su resistencia al corte, capacidad portante, compresibilidad, y la presencia de posibles capas de suelo con características problemáticas, como suelos expansivos o de baja densidad. Además, estos datos permiten prever el comportamiento del terreno frente a las cargas estructurales y cualquier otra condición geotécnica que podría afectar la estabilidad de la estructura a lo largo de su vida útil.

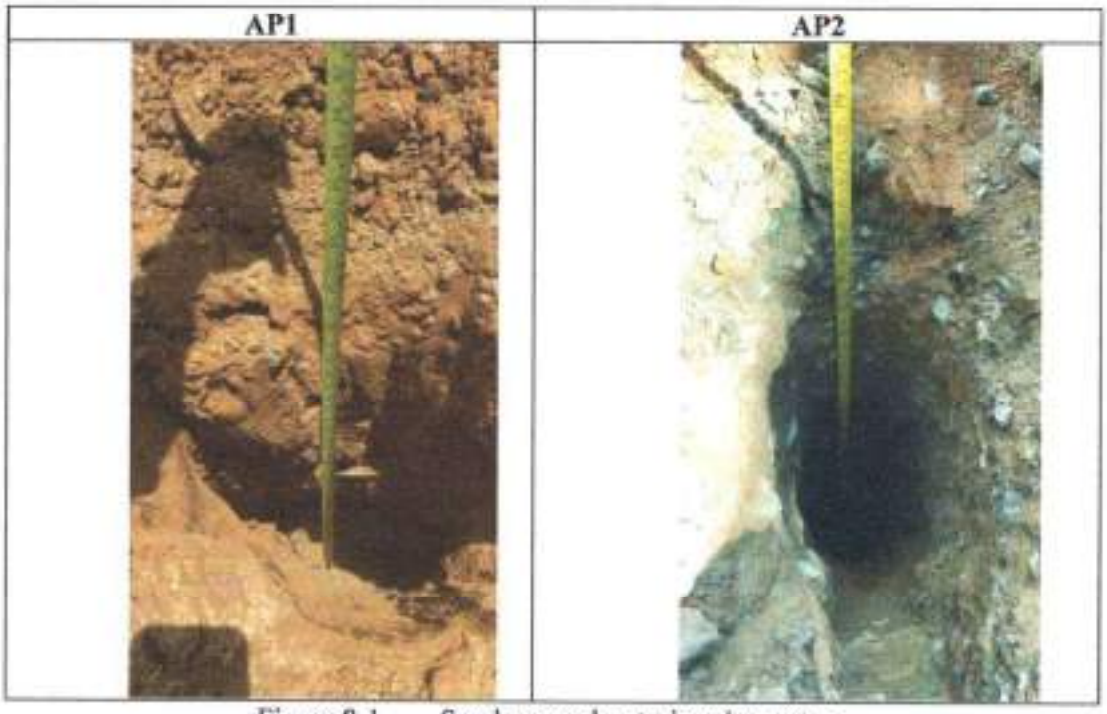


Figura 8-1. Sondeos exploratorios ejecutados.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

8.2. NIVEL FREÁTICO

En ninguno de los sondeos ejecutados se identificó la presencia de nivel freático hasta la profundidad auscultada. Sin embargo, en caso de que se presente un afloramiento durante la ejecución de los trabajos de construcción, se deberá reportar dicho hallazgo, ya que esta

información es de suma importancia para realizar el cálculo preciso de esfuerzos efectivos y estimar el espesor de variabilidad estacional.

8.3. HORIZONTE DE METEORIZACIÓN

El modelo geotécnico es alimentado con parámetros físico – mecánicos que representen la condición del subsuelo, en conjunto con la influencia de estructuras existentes vecinas, condición topográfica, hidráulica e hidrológica de la manera más fiel a la realidad, lo cual será complementado a medida que se adquiera la información correspondiente mediante las metodologías descritas anteriormente, es decir, correlaciones a partir del N_{SPT}, parámetros estimados en bibliografía para materiales similares y resultados de ensayos mecánicos de laboratorio. Dichas metodologías se desarrollan a continuación.

El perfil estratigráfico del subsuelo se analizó y caracterizó hasta la profundidad auscultada, evidenciando principalmente características tales como las texturas que varían de areno – arcillosa a arcillo – limosa y color rojizo y gris en su matriz, con niveles granulares de hasta 12 cm a nivel superficial con clastos de cuarzo embebidos con redondez, plasticidad y humedad media, a este le infrayace un material más cohesivo y/o fino homogéneo composicionalmente, con espesores de hasta 75 cm con humedad y plasticidad media.

Con tal información se logró estimar un perfil de meteorización basado en la clasificación propuesta por Dearman (1974). La Tabla 8-1 muestra la clasificación de Dearman, junto con la propuesta por Deer & Patton (1971). En este caso se considera que el material corresponde a un horizonte V en la escala de Dearman.

Tabla 8-1. Clasificación de los suelos según el grado de meteorización.

Deere y Patton	Dearman		Descripción
Horizonte	Zona	Grado	
IA (Capa vegetal)	Suelo residual	VI	Las capas superiores son ricas en materia orgánica. Todo el material rocoso es ahora suelo. Es un suelo sin características heredadas, característicamente arcillo - limoso.
IB			

Deere y Patton	Dearman		Descripción
Horizonte	Zona	Grado	
IC (Saprolito)	Roca completamente meteorizada	V	El macizo rocoso está completamente descompuesto y la roca ahora está descolorada. Aún se aprecian estructuras (discontinuidades) heredadas. Se encuentran fragmentos de entre 10% y 35% del volumen, pero fácilmente desmenuzables. Hay escasos núcleos de roca, pero es posible encontrarlos.
IIA (Transición de saprolito a roca)	Roca altamente meteorizada	IV	El macizo rocoso está descolorado y altamente alterado. Más del 50% del material rocoso está descompuesto o desintegrado. Se mantienen las estructuras heredadas. Entre el 35% y el 70% del volumen son fragmentos de roca sin meteorizar.
IIB (Roca parcialmente meteorizada)	Roca moderadamente meteorizada	III	El macizo rocoso está altamente decolorado. Menos del 50% del material rocoso está descompuesto o desintegrado. Las discontinuidades pueden estar oxidadas o abiertas. Se evidencian bloques de roca.
III (Roca intacta)	Roca débilmente meteorizada	II	El macizo rocoso está débilmente decolorado. Las discontinuidades pueden estar abiertas y oxidadas. La roca es dura y resistente a excavaciones.
	Roca no meteorizada	I	El macizo rocoso no da signos visibles de meteorización. Las discontinuidades pueden eventualmente presentar oxidación y decoloración en un bajo grado.

Fuente: Dearman, 1974

La estratigrafía de la zona de influencia del puente se estimó con base en el material recuperado mediante los sondeos exploratorios que se ejecutaron en todo el tramo y la información recopilada en las visitas de campo desarrolladas en diferentes épocas y, durante las cuales se exploró toda la zona de influencia.

8.4. PROGRAMA DE LABORATORIO

El programa de laboratorio es aquel mediante el cual se definen los ensayos que se consideren necesarios sobre muestras representativas para conseguir una caracterización física y mecánica de los materiales ensayados.

Dicha caracterización permitió obtener información directa para estimar el tipo de material con sus propiedades índice y sus parámetros de resistencia. Para ello se debió llevar a cabo ensayos de clasificación y de resistencia como:

- Determinación del contenido de humedad (ASTM D2216)
- Límites de consistencia (ASTM D4318)
- Granulometría por tamizado y lavado sobre malla 200 (ASTM D422)

Se optó realizar los ensayos de clasificación sobre muestras representativas de cada sondeo, ya que las muestras recuperadas y el desempeño presentado durante cada apique presentó particularidades, a pesar de su relativa cercanía. En la Tabla 8-2 se presenta la relación de ensayos ejecutados.

Tabla 8-2. Relación de ensayos de laboratorio realizados

Ensayo	Cantidad
Contenido de agua	2
Granulometría	2
Límites de consistencia	2

Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

Por medio de los ensayos de medida del contenido de contenido de agua, límites de consistencia y granulometría se logró identificar las propiedades físicas propias de los materiales analizados. En la Tabla 8-3 se encuentra el resumen de las propiedades índices que resultaron de los ensayos de laboratorio, así como su clasificación según la U.S.C.S. (Unified soil classification system).

Tabla 8-3. Resumen de los ensayos de propiedades índice de los materiales

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	W (%)	LL	LP	Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)	USCS
AP1	M1	1,0	27,6	47,0	34,0	0,2	48,0	51,8	ML
AP2	M1	1,0	34,1	41,0	29,0	10,0	63,8	26,2	SM

Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

En donde:

ML	Limo de baja plasticidad
MH	Limo de alta plasticidad
CL	Arcilla de baja plasticidad
CH	Arcilla de alta plasticidad
SM	Arena limosa
SC	Arena arcillosa
GM	Grava limosa
GC	Grava arcillosa

En general, se presenta una humedad natural baja, alejada del límite líquido y límite plástico. Cabe resaltar que se podría llegar a presentar un comportamiento plástico en la porción finogranular de los materiales, aspecto que debe ser puesto en consideración, dada la variabilidad que generalmente presentan los materiales que conforman las formaciones similares. Sin embargo, en algunos casos, como indican los resultados de los análisis granulométricos, se presenta una predominancia de los materiales de baja plasticidad con limos como el principal material, incluso, en algunos casos, se observa mayor presencia de materiales gruesogranulares.

La variación de estas propiedades índice según el aumento de la profundidad se puede visualizar en la Figura 8-2 y Figura 8-3, mientras que en la Figura 8-4 se puede observar la localización del material fino granular analizado dentro de la carta de plasticidad de Casagrande, la cual indica la naturaleza los materiales de baja plasticidad hallados.



Figura 8-2. Variación de la humedad natural y de los límites de consistencia con la profundidad.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

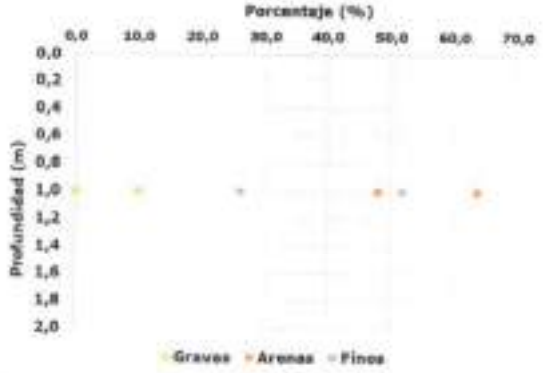


Figura 8-3. Variación de la granulometría con la profundidad.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

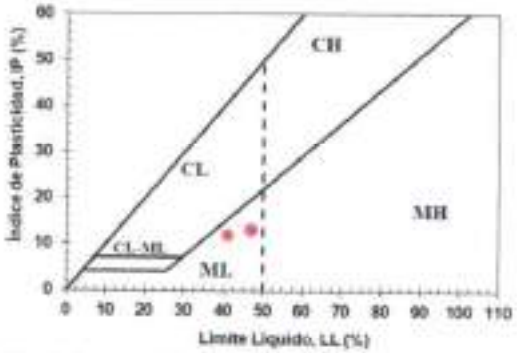


Figura 8-4. Ubicación del material fino granular analizado en la carta de Casagrande.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

A partir de estas propiedades índice se obtuvo otros indicadores que permiten profundizar y caracterizar el comportamiento de los suelos.

8.5. ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Una propiedad inherente de algunos materiales finogranulares es la capacidad para cambiar su volumen según se encuentren en presencia o ausencia de agua, ya que estos se contraen cuando pierden humedad y se expanden cuando la ganan. Los materiales analizados presentaron un porcentaje bajo de materiales fino granulares con plasticidad alta, sin embargo, el potencial de expansión puede ser evaluado por medio de método cualitativo propuesto por el Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10) en la Tabla H.9.1-1 (ver Tabla 8-4).

Tabla 8-4. Potencial de expansión basado en los límites de consistencia

Potencial de expansión	Límite líquido	Índice de plasticidad
Muy alto	>63	>32
Alto	50 - 63	23 - 45
Medio	39 - 50	12 - 34
Bajo	<39	<20

Fuente: NSR-10, Título H, 2010

8.6. ÍNDICE DE CONSISTENCIA

Ya que las muestras ensayadas presentaron un porcentaje importante de materiales finos, fue viable analizar la consistencia de estos a través de métodos cualitativos con base en la Ecuación 8-1, además, en la Tabla 8-5 se muestran los rangos de clasificación de los materiales según su consistencia.

$$I_C = \frac{LL - W}{IP}$$

Ecuación 8-1. Índice de consistencia

Tabla 8-5. Índice de consistencia de los suelos

Índice de consistencia	Consistencia
0,00 - 0,25	Muy blanda
0,25 - 0,50	Blanda
0,50 - 0,75	Media
0,75 - 1,00	Rígida
<0,00	Viscosa
=0,00	Límite líquido
=1,00	Límite plástico
>1,00	Rígida en estado semisólido

Fuente: Bowles, J.E., Foundation analysis and design, 1958

El resumen de estos análisis se puede observar en la Tabla 8-6 y su comportamiento según la profundidad en la Figura 8-5 y Figura 8-6.

Tabla 8-6. Propiedades de expansión y consistencia de los materiales

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	LL	IP	IC	Potencial de expansión	Consistencia
AP1	M1	1,00	47,0	13,00	1,49	Medio	Rígida
AP2	M1	1,00	41,0	12,00	0,58	Medio	Media

Fuente: DYCO S.A.S., 2025



Figura 8-5. Variación del índice de plasticidad con la profundidad.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

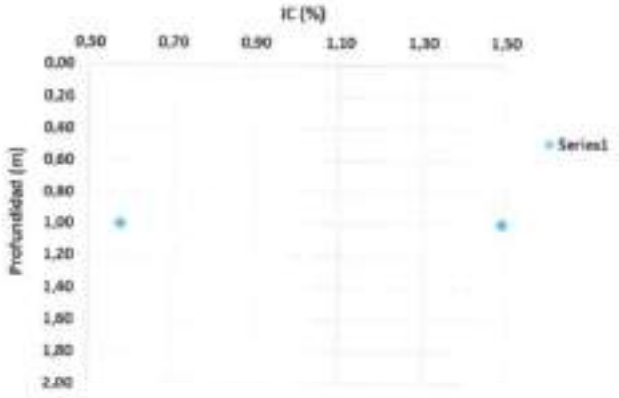


Figura 8-6. Variación del índice de consistencia con la profundidad.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

8.7. PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO

El ensayo de penetrómetro dinámico de cono se llevó a cabo cada 250 m a lo largo de cada tramo del corredor vial proyectado. Con dicho ensayo se obtuvo valores de la resistencia al esfuerzo cortante de la subrasante para, posteriormente, por medio de correlaciones, expresar esta resistencia en términos de CBR (California Bearing Ratio), insumo necesario para desarrollar el diseño del pavimento.

El ensayo PDC (Penetrómetro dinámico de cono) es un ensayo ejecutado en campo, el cual consiste en medir directamente la rata de penetración del cono al ser golpeado por un martillo con una masa de 8 kg (17,6 lb) dentro del suelo. En la Figura 8-8 se puede observar los elementos que componen el dispositivo. El operador dirige la punta del PDC dentro del suelo, levantando el martillo deslizante hasta la manija y soltándolo para que caiga libremente hasta golpear el yunque. La penetración total para un determinado número de golpes es medida y registrada en términos de milímetros por golpe, valor que se utiliza para describir la rigidez, para estimar un valor de la resistencia CBR in–situ a través de una correlación apropiada o para establecer otras características del material. En la Figura 8-7 se muestra parte del procedimiento de ejecución del ensayo de penetrómetro dinámico de cono.



Figura 8-7. Procedimiento de ejecución del ensayo PDC.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

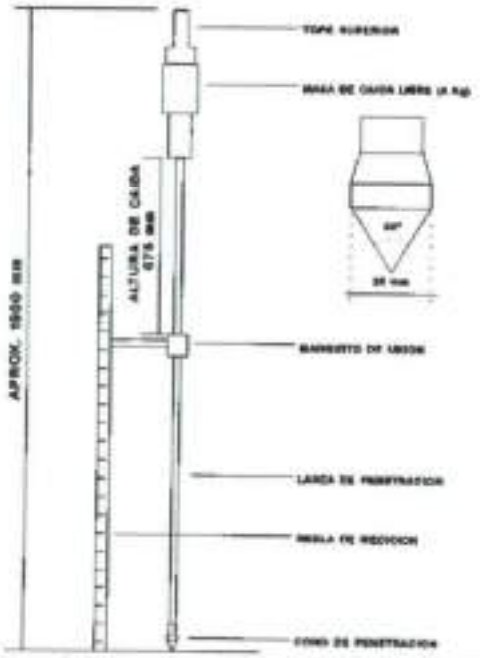


Figura 8-8. Elementos del equipo PDC.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

A continuación, en la Tabla 8-7 se presentan las coordenadas y abscisas donde se ejecutaron los ensayos PDC, en la Figura 8-9 se muestra la ubicación general de dichos ensayos y, en la

Figura 8-10 se presentan fragmentos de la ejecución del ensayo de penetrómetro dinámico de cono ejecutado en distintos puntos de los tramos del corredor vial analizado.

Tabla 8-7. Coordenadas y abscisas de los ensayos PDC ejecutados.

Ensayo	Coordenadas globales WGS-84			
	Latitud	Longitud	Altura (m s.n.m.)	Abscisa
PDC1	6°13'21.30"N	75°14'44.33"O	1.963	km 0+045
PDC 2	6°13'20.29"N	75°14'45.04"O	1.965	km 0+090
PDC 3	6°13'22.42"N	75°14'43.49"O	1.958	km 0+000
PDC 4	6°13'25.72"N	75°14'43.10"O	1.963	km 0+030

Fuente: DYCO S.A.S., 2025



Figura 8-9. Ubicación general de los ensayos PDC ejecutados
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

PDC 1	PDC 2
	
PDC 3	**PDC 4**
	

Figura 8-10. Ejecución del ensayo PDC en los tramos de vía analizad.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025

En la Tabla 8-9, Tabla 8-10, Tabla 8-11 y Tabla 8-12 se presentan los resultados del ensayo PDC en los sitios de ejecución, los cuales presentaron valores de CBR entre el 6,4% y el 133,4%, los cuales se estimaron empleando la correlación del TRL Overseas Road, Note 8. Las demás correlaciones recomendadas por la norma INV E-172-13 son presentadas en la Tabla 8-8.

Tabla 8-8. Correlaciones para el cálculo del valor CBR a partir de los valores PDC

AUTOR	CORRELACIÓN *	OBSERVACIONES
Kleyn y Van Heerden	$CBR = 428.5(PDC)^{-1.28}$	
TRL Overseas Road Note 8	$CBR = 302(PDC)^{-1.057}$	
Cuerpo de Ingenieros (USA)	$CBR = 292(PDC)^{-1.12}$	No aplica a suelos CL con CBR < 10, ni a suelos CH
	$CBR = 58.8(PDC)^{-0.64}$	Aplica a suelos CL con CBR < 10
	$CBR = 348.3(PDC)^{-1.0}$	Aplica a suelos CH
MOPT Colombia (1992)	$CBR = 567.0(PDC)^{-1.40}$	

Fuente: Norma INV E-172-13, 2013

Tabla 8-9. Resultados ensayo PDC 1

Golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración por avance (mm)	Penetración por golpe (mm/golpe)	Índice PDC	CBR %
5	50	50	10	10	26,5
5	85	35	7	7	38,6
5	130	80	16	16	16,1
5	160	30	6	6	45,4
5	285	125	25	25	10,1
5	510	225	45	45	5,4
4	910	400	100	100	2,3
PDC global	17,375		CBR (%)	14,8	

Fuente: DYCO S.A.S., 2025

Tabla 8-10. Resultados ensayo PDC 2

Golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración por avance (mm)	Penetración por golpe (mm/golpe)	Índice PDC	CBR %
5	65	65	13	13	20,1
5	185	120	24	24	10,5
5	560	495	99	99	2,3
5	905	345	69	69	3,4
PDC global	38,233		CBR (%)	6,4	

Fuente: DYCO S.A.S., 2025

Tabla 8-11. Resultados ensayo PDC 3

Golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración por avance (mm)	Penetración por golpe (mm/golpe)	Índice PDC	CBR %
5	70	70	14	14	18,6
5	195	125	25	25	10,1
5	505	435	87	87	2,7
5	900	395	79	79	3,0
PDC global	37,167		CBR (%)	6,6	

Fuente: DYCO S.A.S., 2025

Tabla 8-12. Resultados ensayo PDC 4

Golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración por avance (mm)	Penetración por golpe (mm/golpe)	Índice PDC	CBR %
5	30	30	6	6	45,4
5	40	10	2	2	145,2
5	50	10	2	2	145,2
5	60	10	2	2	145,2
5	65	5	1	1	302,0
10	85	20	2	2	145,2
10	95	10	1	1	302,0
20	120	25	1	1	238,5
PDC global	2,1667		CBR (%)	133,4	

Fuente: DYCO S.A.S., 2025

Con base en los resultados estimados del CBR se pueden correlacionar los valores del Módulo resiliente ($Er=17,6\ CBR^{0,64}$) y Módulo de reacción ($46+9,08*(Log\ (CBR))^{4,34}$) de la subrasante (ver Tabla 8-13).

Tabla 8-13. Parámetros de la subrasante

CBR (%)	Módulo resiliente (Mpa)	Módulo de reacción (Mpa/m)
14,8	98,7	65,4
66,4	258,0	178,5
6,6	58,9	50,1
133,4	403,3	304,3

Fuente: DYCO S.A.S., 2025

9. DISEÑO DE PAVIMENTO

Para la pavimentación de la vía se analizaron varias alternativas de pavimento, de las cuales se optó por el diseño y posterior ejecución de pavimento flexible (ver Figura 9-1), ya que este constituye una solución práctica para vías urbanas que presentan volúmenes de tránsito bajos como la que se está considerando en este estudio. Este tipo de pavimento presenta varias particularidades y atributos respecto a otro tipo de estructuras de pavimento, como las que se mencionan a continuación.

- Posee capacidad para adaptarse a las deformaciones y movimientos del terreno.
- Las múltiples capas que componen la estructura proporcionan un soporte robusto, pero con suficiente elasticidad para absorber las cargas y los movimientos del terreno sin sufrir daños permanentes.
- A diferencia de los pavimentos rígidos, que son más duros y frágiles, el pavimento flexible tiene una mayor capacidad para adaptarse a movimientos o asentamientos del terreno sin fisurarse.
- Debido a su elasticidad, el pavimento flexible puede recuperarse tras cargas pesadas o movimientos, lo que permite una mayor durabilidad en condiciones variables.
- El pavimento flexible distribuye las tensiones de las cargas de manera más uniforme, evitando que las tensiones se acumulen en un solo punto, lo cual disminuye el riesgo de daños o agrietamientos.
- En comparación con los pavimentos rígidos, los pavimentos flexibles suelen ser más económicos debido a los materiales utilizados y al proceso de construcción menos complejo.
- La construcción de pavimentos flexibles es generalmente más rápida que la de pavimentos rígidos, lo que puede ser una ventaja en proyectos que requieren ser completados en un tiempo relativamente corto.

- Las reparaciones de pavimentos flexibles son más fáciles y económicas. En caso de daños, como baches o grietas, se pueden reparar localmente sin necesidad de realizar trabajos en todo el pavimento.
- Son ideales en zonas donde el terreno puede moverse o asentarse con el tiempo, ya que su elasticidad permite que se acomode sin sufrir daños importantes.
- Aunque depende de la calidad de los materiales, los pavimentos flexibles generalmente ofrecen un mejor desempeño en condiciones climáticas extremas, ya sea calor o frío, que los pavimentos rígidos.
- Los pavimentos flexibles suelen generar menos ruido por la fricción de las llantas con la superficie, lo cual los hace más apropiados para áreas residenciales o zonas sensibles al ruido.



Figura 9-1. Estructura típica de pavimento flexible.
Fuente: Guía de diseño de pavimentos, AASHTO. 1993.

Con el objetivo de profundizar en la comprensión del comportamiento de este tipo de pavimento, es conveniente conocer la influencia de algunos factores sobre la estructura.

9.1. CONDICIONES GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El municipio de El Peñol se localiza en la región oriental del departamento de Antioquia aproximadamente a 2.100 m s.n.m., por lo que cuenta con un clima generalmente templado con eventuales lluvias cuyo valor máximo en cuanto a precipitaciones se encuentra alrededor de los 115 mm en el mes de noviembre.

Particularmente en la zona que será intervenida, es decir, la vía hacia la vereda "El Carmelo", la cual es una vía terciaria que conecta con veredas aledañas y con el municipio de El Santuario, presenta zonas escarpadas, moderadas y planas con taludes de alturas inferiores a los 12 m sin cicatrices visibles o indicios de movimientos en masa. En los tramos que serán intervenidos no se observan afectaciones de gran magnitud, sin embargo, dado que se trata de una vía destapada, en los tramos escarpados se dificulta el tránsito, principalmente para vehículos que se desplazan cuesta arriba, lo cual conlleva a una condición insegura.

9.2. MECANISMO DE FALLA

El mecanismo de falla de los pavimentos flexibles se refiere a los procesos y fenómenos que ocurren cuando el pavimento ya no puede cumplir con su función de manera adecuada debido a ciertos factores, como cargas excesivas, condiciones climáticas adversas, o desgaste con el tiempo. La falla de un pavimento flexible no ocurre de manera repentina, sino que es el resultado de la acumulación de esfuerzos, deformaciones y deterioros a lo largo del tiempo. Los mecanismos de falla más comunes en pavimentos flexibles son los siguientes:

- **Fatiga del material (agrietamiento por fatiga)**

La causa principal es el tráfico constante, las cargas cíclicas y las variaciones de temperatura provocan que los materiales del pavimento se deformen y sufran fatiga. Las capas del pavimento, especialmente la capa de rodadura, experimentan tensiones repetidas y acumulativas debido a la acción del tráfico. Esto provoca agrietamientos en la capa asfáltica, especialmente en forma de grietas en patrón de "cola de pescado" o fisuras longitudinales y transversales.

El efecto por este tipo de falla consiste en grietas abiertas que permiten la infiltración de agua, lo que acelera el deterioro del pavimento y de las capas subyacentes.

- **Deformación plástica**

La causa principal es el contacto constante de las ruedas de los vehículos, especialmente en zonas de alto tráfico o carga pesada, genera una presión continua sobre el pavimento. En algunos casos, el pavimento no es capaz de soportar de manera efectiva las cargas y se presenta un hundimiento o deformación plástica, especialmente en las capas superiores. Esto se conoce como "pavimento rizado" o "bacheo".

El efecto por este tipo de falla consiste en el desgaste irregular en la superficie de rodadura, lo que afecta la comodidad y seguridad del tránsito y puede producir charcos de agua en la superficie durante lluvias.

- **Falla por humedad**

La causa principal es la infiltración de agua en las capas del pavimento, principalmente a través de grietas o fisuras, o debido a un drenaje inadecuado. El agua, al infiltrarse en el pavimento y las capas subyacentes, reduce la resistencia de los materiales, especialmente de las capas granulares o de subbase. El agua también puede provocar la desemulsificación del asfalto, lo que reduce la cohesión de la mezcla asfáltica.

Esto genera una mayor susceptibilidad a la deformación y la pérdida de integridad estructural. Las zonas donde el agua se acumula pueden sufrir un agrietamiento rápido o formación de baches.

- **Desgaste superficial o por abrasión**

La causa principal es el tráfico continuo de vehículos genera fricción constante sobre la capa de rodadura, especialmente cuando el tráfico incluye vehículos pesados. La abrasión causada por el tráfico desgasta las partículas de la mezcla asfáltica, reduciendo la rugosidad de la

superficie de rodadura. Además, las partículas más finas pueden ser arrastradas por el tráfico, lo que provoca la pérdida de la adherencia.

A largo plazo, el pavimento pierde su resistencia y capacidad de soporte, lo que puede llevar a la formación de surcos, huellas o una superficie resbaladiza.

- **Deformación por "rutting" o surcos**

El "rutting" es la formación de surcos o depresiones en la capa de rodadura debido a la deformación plástica de la mezcla asfáltica bajo la carga repetida del tráfico pesado. Las cargas repetidas ejercidas por el tráfico pesado provocan que las capas asfálticas se deformen permanentemente, creando canales o surcos a lo largo de la vía.

El rutting puede dificultar la evacuación de agua durante lluvias, aumentando el riesgo de hidroplaneo y causando un deterioro rápido en el pavimento.

- **Pérdida de adherencia**

La pérdida de la adherencia entre las diferentes capas del pavimento, en particular entre la capa de rodadura y la base, puede ocurrir por efectos de la humedad, la contaminación o la degradación del asfalto. Cuando las capas de pavimento pierden adherencia, pueden deslizarse unas sobre otras bajo las cargas de tráfico, lo que reduce la capacidad de distribución de cargas y puede causar la formación de grietas o desintegración en la superficie.

Este tipo de falla puede producir fisuras de grandes dimensiones y daños extensivos en la capa de rodadura, lo que afecta la funcionalidad del pavimento.

- **Acumulación de agua y/o problemas de drenaje**

El drenaje deficiente o insuficiente puede hacer que el agua quede atrapada en el pavimento o en las capas inferiores, lo que aumenta la vulnerabilidad al daño. La acumulación de agua puede erosionar la base o subbase del pavimento, y si el drenaje no es efectivo, el agua puede penetrar las capas de la superficie asfáltica, acelerando el deterioro de los materiales.

Los problemas de drenaje a menudo resultan en la formación de baches, agrietamiento, y la aparición de manchas de humedad en la superficie del pavimento.

9.3. EFECTO DEL CLIMA

De manera previa al diseño y construcción de un pavimento flexible se debe realizar un análisis de los parámetros del clima en la zona del proyecto, ya que dichos parámetros tienen gran influencia en el proceso constructivo y operación de estas estructuras, es por ello que se debe estimar cuidadosamente la temperatura y precipitación del sitio, ya que la temperatura incide directamente en los esfuerzos por alabeo de la estructura, aunque dicho efecto se puede llegar a mitigar con un refuerzo adecuado, mientras que la precipitación puede llegar a deteriorar los elementos que conforman la estructura, para controlarla se debe implementar un buen sistema de drenaje. En este caso, como se describió 9.1, se tiene un clima templado con precipitaciones de 115 mm en promedio en el mes de noviembre como magnitud máxima de precipitaciones, estas condiciones normales se consideran aptas para la implementación de una estructura de pavimento flexible.

9.4. TRÁNSITO

Ya que este tipo de estructura se encuentra gobernada por la acumulación de fatiga, la variable de la cantidad de vehículos que transitan por la zona tiende ser la más relevante, además, se debe determinar de manera cuidadosa el vehículo que someta la estructura a las mayores cargas y que lo lleve al límite cercano de su resistencia última, es decir el vehículo de diseño.

Para el tipo de vía en la que se plantea esta alternativa, dado el costo considerable por kilómetro que demanda este tipo de solución, el vehículo de diseño menor que se recomienda emplear es un camión tipo C-2 con un eje trasero sencillo de 11 t.

Dado que no es posible garantizar que en una vida útil proyectada de 10 años nunca transite un vehículo que represente mayores cargas, se deberá desarrollar el diseño con un camión tipo C-3, con un eje tándem de 22 t, para optar por una postura conservadora.

Finalmente, para proyectar la cantidad de vehículos que transitarán por este corredor se llevaron a cabo aforos vehiculares durante las 24 horas de 7 días continuos.

El valor de ejes equivalentes de 8,2 t calculados para el tramo de la Carrera 23c corresponde a 475.868, mientras que para la vía de ingreso a la vereda Horizontes corresponde a 1'105.792.

Para verificar el conteo de vehículos en el aforo vehicular y el cálculo del tránsito promedio diario y proyección de ejes equivalentes de 8,2 t para un período de 10 años se deberá revisar los anexos C y D respectivamente.

9.5. SUBRASANTE

Dado que los ensayos de PDC y posterior conversión a valores de CBR, se obtuvo, en todos los casos valores por encima del 3%, por lo tanto, se considera que el material que se encuentra actualmente en todos los tramos del corredor que serán intervenidos, se recomienda que la pavimentación con asfalto se ejecute sobre la rasante actual con todas las consideraciones constructivas a criterio del ejecutor de la obra.

Sin embargo, en caso de que se presente algún hallazgo durante la ejecución de la obra, se presentan las recomendaciones por parte de INVIAS en el Artículo 220, en el cual se proporcionan las especificaciones de los materiales según la calidad deseada, se propuso un conjunto de especificaciones para cada tramo caracterizado. El material de reemplazo deberá

cumplir mínimamente las características de un material tipo B, cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 9-1.

Tabla 9-1. Especificaciones de materiales para reemplazo.

Característica	Norma de ensayo INV	Suelos seleccionados (Tipo A)	Suelos adecuados (Tipo B)	Suelos tolerables (Tipo C)
Tamaño máximo (mm)	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 um (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1	1
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba, máximo (%)	E-148	0	2	2
Índice de colapso, máximo (%)	E-157	2	2	2
Contenido de sales solubles, máximo (%)	E-158	0,2	0,2	-

Fuente: INVIAS, Art. 220, 2014.

9.6. PERÍODO DE DISEÑO

Para pavimentos flexibles el INVIAS recomienda desarrollar los diseños proyectando condiciones de servicio adecuadas por un período mínimo de 10 años, teniendo en cuenta las actividades de mantenimiento necesarias para mantener en estado funcional la estructura del pavimento.

9.7. VEHÍCULO DE DISEÑO

Para proyectar este criterio, la consideración principal es el hecho de que por la vía transitarían eventualmente camiones cargados con insumos agropecuarios, forestales, mineros, industriales, etc., provenientes de la zona rural contigua, por lo tanto, para este tipo de zonas rurales se adopta un camión tipo C-3 como vehículo de diseño (ver Figura 9-2), el cual representa una carga de 22 t distribuida en dos ejes de 11 t espaciados a 1,2 m de centro a centro.



Figura 9-2. Vehículo de diseño, camión tipo C-3.
Fuente: Guía de diseño de pavimentos con placa huella, INVIAS, 2015.

Los valores del ensayo CBR se analizaron y se estableció si los materiales *in situ* son aptos o no para desempeñar la función de subrasante dentro del diseño planteado.

En caso de que los valores obtenidos mediante el ensayo de CBR se encuentren por debajo del 3,0%, se considerará que los materiales ensayados no son competentes para ser empleados como subrasante de la estructura del pavimento. Por lo tanto, Se sugerirá el mejoramiento de dicha subrasante implementando un reemplazo, dimensionado mediante el método propuesto por Ivanov (1973). En caso de que los valores de CBR se encuentren por encima del 3,0%, de cualquier manera, se podrá considerar la implementación de una mejora con el objetivo de reducir el espesor de la estructura de pavimento, como fue en este caso.

9.8. ESPESOR

El diseño de una estructura de pavimento flexible en Colombia, de acuerdo con el método INVIAS (Instituto Nacional de Vías), se realiza siguiendo las recomendaciones del método AASHTO 93. Este método establece una serie de pasos técnicos que deben ser seguidos para determinar el espesor adecuado de las diferentes capas del pavimento (capa de rodadura, base, subbase y subrasante) en función de varios factores como los descritos anteriormente, es decir, el tráfico esperado, las características del suelo, las condiciones climáticas y las cargas de tráfico. La formulación empleada para estimar el número estructural requerido para cumplir y soportar las solicitaciones es la que viene dada por la Ecuación 9-1:

$$Log_{10}(W18) = Zr \times So + 9.36 \times Log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{Log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 Log_{10}(Mr) - 8.07$$

Ecuación 9-1. Número estructural requerido

Donde:

SN	Número Estructural
W_{18}	Tráfico (Número de ESAL´s)
Z_r	Desviación Estándar Normal
S_o	Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
P_o	Serviciabilidad Inicial
P_t	Serviciabilidad Final
M_r	Módulo de Resilencia

Según el número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con serviciabilidad adecuada durante el periodo establecido en el proyecto. En la Tabla 9-2 y Tabla 9-3 se presentan los parámetros de entrada para el desarrollo del modelo de la Carrera 23c y vía de ingreso a la vereda Horizontes respectivamente.

Tabla 9-2. Parámetros de entrada para el modelo en la Carrera 23c.

ESAL's(W_{18})	475.868
R (%)	80,00
Z_r	-0,842
S_o	0,450
P_i	3,800
P_t	2,000
Δ PSI	1,800
CBR (%)	6,4
M_r (PSI)	8381,97

Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

Tabla 9-3. Parámetros de entrada para el modelo en la Vía de ingreso vereda Horizontes.

ESAL's(W_{18})	1'105.792
R (%)	85,00
Z_r	-1,036
S_o	0,450
P_i	4,000
P_t	2,500
Δ PSI	1,500
CBR (%)	25,0
M_r (PSI)	20048,07

Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

El valor de los ejes equivalentes de 8,2 t o "ESAL" se obtuvo del estudio de tránsito y proyecciones vehiculares, el valor del CBR viene de los estudios realizados en campo mediante el equipo de PDC y, los valores de R, Z_r, S_0, P_i, P_t y M_r se tomaron de las tablas propuestas por la AASHTO 93 para determinados niveles de tránsito.

El número estructural requerido, estimado con los datos de la Tabla 9-2 y Tabla 9-3 dentro de la Ecuación 9-1 corresponde a 2,7140 y 2,3400 para la Carrera 23c y vía de ingreso a la vereda Horizontes respectivamente.

Ahora, iterando los espesores de las capas subbase, base y asfalto, empleando la Ecuación 9-2 se debe conseguir un número estructural igual o mayor al número estructural requerido.

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

Ecuación 9-2. Número estructural calculado

Donde:

SN Número Estructural.

a1,2,3 Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.

d1,2,3 Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.

m2,3 Coeficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

Los parámetros a1, a2, a3, m2 y m3 se obtienen de las tablas propuestas por la AASHTO 93, mientras que los valores de los espesores de las capas estructurales d1, d2 y d3 se ingresan de manera iterativa hasta que el valor del número estructural calculado iguale o supere el valor del número estructural requerido. En la Tabla 9-4 y Tabla 9-5 se presentan los parámetros empleados para dicho cálculo respecto a la Carrera 23c y vía de ingreso a la vereda Horizontes respectivamente.

Tabla 9-4. Parámetros de entrada para el SN calculado para la Carrera 23c.

Parámetros para SN Calculado	
a1	0,170
a2	0,052
a3	0,047
m2	1,15
m3	1,00
d1 (cm)	8

d2 (cm)	10
d3 (cm)	17

Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

Tabla 9-5. Parámetros de entrada para el SN calculado para la vía de ingreso a la vereda Horizontes.

Parámetros para SN Calculado	
a1	0,170
a2	0,052
a3	0,047
m2	1,15
m3	1,00
d1 (cm)	8
d2 (cm)	8
d3 (cm)	15

Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

Con estos valores de los espesores d1, d2 y d3, en el caso de la Carrera 23c se obtuvo un número estructural calculado de 2,757, superando el 2,714 del número estructural requerido, mientras que, en el caso de la vía de ingreso a la vereda Horizontes se estimó un número estructural calculado de 2,543, superando el 2,340 por lo tanto, el modelo cumple en ambos casos. En la Figura 9-3 (carrera 23c) y Figura 9-4 (vía de ingreso vereda Horizontes) se presenta la estructura planteada de pavimento flexible dividido en sus respectivas capas.

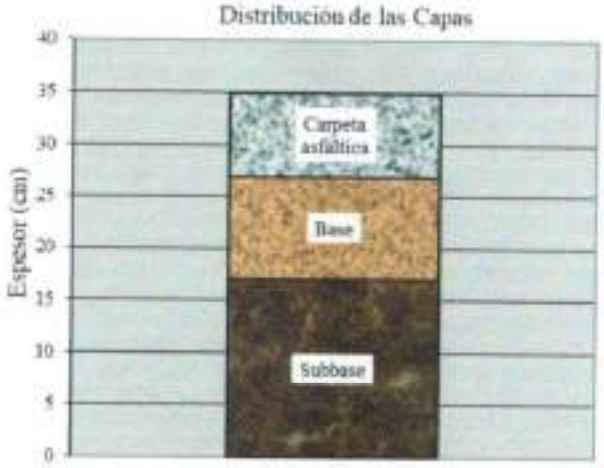


Figura 9-3. Espesores de capas en la estructura de pavimento flexible Carrera 23c.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.



Figura 9-4. Espesores de capas en la estructura de pavimento flexible vía de ingreso vereda Horizontes.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

10. MANTENIMIENTO

Esta etapa se presenta posterior a la construcción de la estructura de pavimento y se ejecuta desde la entrada en operación.

Cabe aclarar que, a la firma consultora que emitió este informe y desarrolló el diseño de la estructura de pavimento no le corresponde ejecutar esta etapa ni acompañar la misma a pesar de que se emitan las recomendaciones y consideraciones para la llevarla a cabo. Dicha responsabilidad recaerá sobre el ejecutante del contrato de mantenimiento de la vía.

De manera general, se deberán llevar a cabo las correspondientes actividades de limpieza, conservación, reparación y reconstrucción de la estructura de pavimento que se requieran para mantener la calzada en buen estado, alargar su ciclo de vida y garantizar su correcto funcionamiento, primando la comodidad y seguridad del usuario.

Las intervenciones de mantenimiento rutinario se encuentran destinadas, principalmente, a mantener las calzadas libres de algunos deterioros localizados, como agrietamientos, depresiones, y desprendimientos, así como la renivelación de bermas construidas con materiales no tratados. Considera, además, la ejecución de algunas actividades de mantenimiento periódico de las calzadas pavimentadas.

Las intervenciones de mantenimiento incluidas en estas especificaciones son las siguientes: mantenimiento rutinario de pavimentos asfálticos, mantenimiento periódico de pavimentos asfálticos, mantenimiento rutinario de pavimentos rígidos, mantenimiento periódico de pavimentos rígidos y mantenimiento de pavimentos de adoquines de concreto.

Las actividades cubiertas por cada una de estas intervenciones son las siguientes:

10.1. SELLADO DE GRIETAS EN CALZADA Y BERMAS

10.1.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere al suministro e instalación de un producto para el sellado de grietas de calzadas y bermas asfálticas, con el propósito de minimizar la infiltración de agua para prevenir el deterioro de las capas inferiores del pavimento.

El tratamiento aplica, esencialmente, para la reparación de grietas longitudinales y transversales aisladas, así como a grietas en bloque originadas en diferenciales térmicos en mezclas muy rígidas. No aplica a la reparación de áreas con agrietamientos conectados del tipo piel de cocodrilo, ni para tratar grietas de borde causadas por sobrecarga, fallas por corte o erosión de la berma, ni las parabólicas producidas por baja estabilidad de la mezcla o por falta de adherencia entre las capas asfálticas y la subyacente.

Tampoco resulta apropiado en pavimentos semirrígidos, si en las capas asfálticas existentes permanecen grietas de retracción o reflexión.

10.1.2. MATERIALES

Se podrán emplear productos sellantes de aplicación en frío o en caliente.

Los sellantes de aplicación en frío son, por lo general, emulsiones asfálticas de rotura lenta, cuya fluidez garantice su adecuada penetración dentro de las grietas. Deberán cumplir los requisitos indicados en los Artículos 411 o 415 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto según sean convencionales o modificadas con polímeros, respectivamente.

Los de aplicación en caliente deberán cumplir los requisitos físicos de calidad señalados en la norma ASTM D 6690.

En algunas situaciones se permite el empleo de una mezcla de arena y emulsión asfáltica para el sellado de las grietas. La arena deberá ser natural y cumplir los requisitos de la empleada para los sellos de arena asfalto, descritos en el numeral 432.2.1 del Artículo 432 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

10.1.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Cualquiera sea el ancho de la grieta por tratar, el primer paso consiste en su limpieza enérgica con aire comprimido para remover partículas de polvo, materiales sueltos, etc., que puedan impedir la adhesión del producto sellante.

Si el ancho promedio de la grieta es inferior a 6 mm, se sellará con emulsión asfáltica, aplicada con una lanza de riego tan cerca como sea posible de la superficie y con un ancho de aplicación tan limitado como resulte factible. La emulsión se deberá aplicar a una temperatura tal que su viscosidad asegure su adecuada inclusión dentro de la grieta. Para anchos de grieta entre 6 y 20 mm, el sello se podrá realizar con una mezcla de emulsión y arena (1:1 en volumen). Si el ancho de su abertura se encuentra entre 21 y 60 mm, se empleará una mezcla compuesta por una parte de emulsión asfáltica, una parte de arena y hasta un 3 % de cal. Los productos de aplicación en caliente se podrán emplear en el sellado de grietas de 6 a 20 mm de abertura, empleando el procedimiento descrito en el Artículo 466 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

Independientemente del producto por emplear para el sellado, todas las grietas cuya abertura se encuentre entre 6 y 20 mm deberán ser conformadas mecánicamente con una máquina ruteadora en un ancho y a una profundidad de 19 mm (3/4"). Siempre que el tratamiento de grietas se realice como actividad única de mantenimiento, la configuración recomendable para su ejecución es la de banda de sellado la cual se extiende en la superficie del pavimento hacia los lados de la grieta, para garantizar el efecto impermeable del tratamiento. Se debe tener cuidado para no aplicar el producto en exceso, tanto, para evitar incomodidades al tránsito, como para impedir que el material sellante se adhiera a los neumáticos de los

vehículos y sea desprendido de la grieta. Es recomendable esparcir sobre la grieta una capa de arena fina y seca compactada, para que quede en contacto con el material sellante y forme parte de él, dándole fortaleza. Cuando el ancho de las grietas exceda de 60 mm, se debe analizar técnica y económicamente la conveniencia de sellarlas o de emplear otra alternativa para el mantenimiento del pavimento. Si se decide sellarlas, se empleará una mezcla densa en caliente, con un agregado que se ajuste a la gradación MDC-10 del Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Durante los trabajos de sellado de grietas se deberán tomar las medidas de manejo ambiental mencionadas en el numeral 466.4.7 de las mismas especificaciones. Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes, de la forma exigida por la autoridad ambiental competente.

Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente otros elementos de la carretera. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.1.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que las grietas han quedado correctamente selladas en el tramo de calzada y/o bermas asfálticas sometido a tratamiento, de acuerdo con lo que establece esta especificación y que el área de trabajo ha quedado completamente limpia. Así mismo, medir la longitud en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

10.1.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para el sellado de grietas en calzada y bermas asfálticas cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá

y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro lineal, aproximado al entero, de grieta sellada a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.2. PARCHEO EN CALZADA Y BERMAS PAVIMENTADAS

10.2.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere al reemplazo de áreas de pavimento que se encuentren deterioradas en calzada y bermas y que afecten exclusivamente a las capas asfálticas, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas inferiores.

10.2.2. MATERIALES

- Ligantes:

Cuando la mezcla para el parcheo se deba apoyar sobre una base granular, se empleará como imprimante una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta de los tipos CRL-0 o CRL1, o un asfalto líquido MC-30, que cumplan los requisitos establecidos en el Artículo 411 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto en el caso de las emulsiones, y en el Artículo 416 del mismo documento en el caso del asfalto líquido. Si se emplea emulsión del tipo CRL-1, ella se deberá diluir en agua hasta que tenga una concentración aproximada de 40 %. Cuando la mezcla se deba apoyar sobre una capa asfáltica, se aplicará un riego de liga con una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida de los tipos CRR-1 o CRR-2, que cumplan los requisitos establecidos en el Artículo 411 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. El mismo producto se aplicará a las paredes de la excavación que quedarán en contacto la nueva mezcla.

- Mezclas asfálticas:

En la reparación del pavimento se emplearán, de preferencia, mezclas asfálticas en caliente de gradación continua, que cumplan los requisitos del Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. El tipo o los tipos de mezcla por emplear dependerá(n) del espesor compacto de la(s) capa(s) de reparación, conforme se señala en la Tabla 450.7 del Artículo 450. Si resulta impracticable el empleo de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua, se podrán utilizar mezclas densas en frío de conformidad con el Artículo 440 de las mismas especificaciones.

10.2.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Control del tránsito:

Debido a que la ejecución de este trabajo implica la ejecución de excavaciones aisladas en la corona de la carretera, se deberán implementar con extremo rigor las medidas de señalización y ordenamiento del tránsito que sean necesarias para garantizar la circulación segura, de acuerdo con las indicaciones del manual de señalización vial del Ministerio de Transporte.

- Demarcación de las áreas por parchar:

Antes de dar inicio a los trabajos de corte, se marcarán las áreas por someter a reparación, las cuales deberán abarcar las zonas dañadas del pavimento en reparación más, aproximadamente, unos 300 mm de pavimento en buenas condiciones a cada lado. La demarcación se efectuará haciendo uso de figuras geométricas, cuadradas o rectangulares, cuyas caras longitudinales y transversales deberán ser, respectivamente, paralelas y perpendiculares al eje de la vía. Efectuada la demarcación y antes de iniciar los trabajos de excavación para reparar el pavimento, se deberá diseñar un plan para la ejecución de las excavaciones y el posterior relleno de las mismas, que minimice las molestias a los usuarios y suprima los peligros para todo tipo de tránsito que haga uso de la vía.

- Corte y excavación:

Las capas asfálticas de las áreas delimitadas deberán ser cortadas con una máquina cortadora de pavimento, garantizando que las paredes excavadas sean uniformes y verticales. Una vez conformados los bordes de la excavación a través de las capas asfálticas, se excavará hasta la profundidad necesaria y se removerá el material excavado, de manera que la superficie expuesta sea plana, uniforme y firme. Si el área por parchar es reducida, se emplearán herramientas menores como taladros neumáticos y picos para remover las capas asfálticas existentes. Si el tamaño de la reparación lo permite, se podrán emplear elementos de mayor rendimiento como el escarificador de una motoniveladora o una máquina fresadora. Si el material del fondo de la excavación es una base granular, ésta se deberá compactar en un espesor no menor de quince centímetros (15 cm), de acuerdo con los niveles de densidad que se indican en el numeral 465.5.2.2 del Artículo 465 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Si el fondo está constituido por capas estabilizadas o capas asfálticas de un pavimento antiguo, no habrá lugar a la compactación recién descrita.

- Cargue, transporte, descargue y disposición de los materiales excavados:

Los materiales excavados deberán ser cargados y transportados a los sitios de disposición indicados en los documentos del contrato. Los materiales deberán ser transportados el mismo día en que sean excavados y deberán quedar dispuestos en el vertedero de manera que cumplan las reglamentaciones vigentes al respecto, en especial las referentes a la protección del medio ambiente, asegurando que no generen inestabilidad del terreno ni obstrucciones en el drenaje.

- Construcción del parche:

La excavación se deberá rellenar con mezcla asfáltica hasta alcanzar el nivel de la rasante existente, compactándose hasta alcanzar la densidad especificada en los Artículos 440 o 450, respectivamente, de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto,

según se emplee mezcla densa en frío o mezcla en caliente de gradación continua. Se deberán cumplir, además, el resto de requisitos señalados en los numerales 440.5.2 o 450.5.2 de dichos Artículos, según el tipo de mezcla. El relleno completo y adecuado de la excavación se deberá efectuar en el menor tiempo en que ello resulte técnicamente factible.

- Apertura al tránsito:

Alcanzada la densidad exigida por la especificación de construcción aplicable, el tramo reparado con mezcla asfáltica en caliente se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa de rodadura del parche alcance la temperatura ambiente en todo su espesor. Si el parche se ha elaborado con una mezcla en frío, no se permitirá el tránsito público hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Además, durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, se deberá limitar la velocidad a veinte kilómetros por hora (20 km/h) para impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenadas o giros bruscos. Por ningún motivo se permitirá la acción de cualquier tipo de tránsito sobre parches en ejecución.

- Limitaciones en la ejecución:

No se permitirá ni la excavación ni la extensión de mezcla asfáltica en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra. La mezcla no se podrá extender cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C). Los trabajos de parcheo se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, si se deben evitar horas pico de tránsito público, se podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Contratista garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio.

- Manejo ambiental:

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental correspondiente.

Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente otros elementos de la carretera. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.2.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que la excavación ha sido correcta, que el parche se ha construido con materiales idóneos y que su compactación ha satisfecho los requisitos de las especificaciones. Así mismo, que los materiales excavados han sido retirados y depositados en vertedero aprobado. También, medirá los volúmenes de excavación y de la mezcla compactada con la que se elaboraron los parches a su satisfacción.

10.2.5. MEDIDA Y PAGO

Los precios unitarios fijados para el cumplimiento de esta actividad cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirán, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, la excavación se medirá y pagará por metro cúbico, aproximado a la décima de

metro cúbico. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823. Si las capas asfálticas se han cortado y removido con una máquina fresadora, su volumen removido, cargado, transportado y dispuesto no se reconocerá por esta especificación, sino que será objeto de medida y pago con cargo a la Actividad 1229. La mezcla asfáltica empleada para el parcheo se medirá y pagará por metro cúbico, aproximado a la décima de metro cúbico de parche aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823. Los riegos de imprimación y liga requeridos para la ejecución de esta actividad deberán quedar incluidos en el precio unitario de la mezcla asfáltica.

10.3. PARCHEO TEMPORAL EN CALZADA Y BERMAS PAVIMENTADAS

10.3.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere al relleno de depresiones localizadas y desprendimientos del tipo ojo de pescado en calzadas o bermas pavimentadas, empleando mezclas asfálticas.

10.3.2. MATERIALES

- Ligantes:

El ligante para el riego de liga será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida de los tipos CRR-1, CRR-2, CRR-1m o CRR-2m. Las dos primeras deberán cumplir los requisitos establecidos en el Artículo 411 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto, y las dos últimas los establecidos en el Artículo 415 del mismo documento.

- Mezclas asfálticas:

De acuerdo con el método que se emplee para el parcheo temporal, se podrán emplear mezclas asfálticas en caliente de gradación continua o mezclas abiertas con emulsión asfáltica de rotura media. Las primeras se deberán elaborar de acuerdo con lo establecido en el Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto; mientras que las abiertas se elaborarán con la máquina de parcheo

10.3.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Método de esparcir y compactar (throw and roll)

En este método se emplean mezclas en caliente de gradación continua. La ejecución del parche no suele estar precedida de la limpieza del área afectada, salvo que haya agua en su interior, y comprende los siguientes pasos: Esparcir con pala la mezcla asfáltica dentro del orificio. Compactarla empleando las ruedas del mismo camión que transportó la mezcla al sitio u otro que esté a disposición. La superficie del parche terminado debe sobresalir entre 3 y 6 mm por encima del pavimento circundante, para prever la compactación adicional que le brindará el tránsito y evitar empozamientos.

- Método de arrojar la mezcla a presión (spray-injection patching)

En este método, toda la operación la realiza una máquina de parcheo (conocida como "tapahuecos" en Colombia), de acuerdo con la siguiente secuencia continua: Limpiar el área por parchar con aire comprimido para liberarlo de material suelto, agua y basura presentes. Aplicar, con la emulsión caliente para acelerar su proceso de rotura, un riego de liga con una tasa aproximada de 1 l/m^2. Se recomienda aplicar el riego 15 cm más allá de los bordes del área por parchar. Salvo indicación en contrario, el agregado que se utiliza es de tamaño único, con una granulometría similar a la TSD-13 recomendada para la segunda capa de un tratamiento superficial doble en el Artículo 431 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Empleando aire forzado, disparar dentro del orificio

por parchar el agregado pétreo combinado con la emulsión asfáltica caliente. Se supone que la mezcla es compactada por la fuerza del aire que la lanza al orificio. Aplicar una capa delgada de agregado seco en la parte superior del parche, para evitar que la mezcla se adhiera a los neumáticos de los vehículos que circulen sobre el parche. Manejo ambiental: Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Disposiciones adicionales: Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental correspondiente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente otros elementos de la carretera. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.3.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que el parche se ha construido con materiales idóneos y que su terminado es aceptable. Además, medirá los volúmenes de mezcla con los que se elaboraron los parches temporales a su satisfacción.

10.3.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para el parcheo temporal en calzada y bermas pavimentadas cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cúbico, aproximado a la décima de metro cúbico, de mezcla asfáltica utilizada para la elaboración de los parches temporales aceptados. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.4. BACHEO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

10.4.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere al reemplazo de áreas de pavimento que se encuentren deterioradas en calzada y bermas y que afecten tanto a las capas asfálticas como, al menos, la base o parte de ella. En consecuencia, es un procedimiento de reparación de áreas que presenten fallas estructurales.

10.4.2. MATERIALES

- Base y subbase:

Las bases y subbases existentes por remover serán reemplazadas por materiales granulares que cumplan los requisitos establecidos en el numeral 330.2 del Artículo 330 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto en el caso de los materiales de base granular, y en el numeral 320.2 del Artículo 320 en el caso de los materiales de subbase granular.

- Ligantes:

Como imprimante de la base granular de reemplazo se empleará una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta de los tipos CRL-0 o CRL-1, o un asfalto líquido MC-30, que cumplan los requisitos establecidos en el Artículo 411 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto en el caso de las emulsiones, y en el Artículo 416 del mismo documento en el caso del asfalto líquido. Si se emplea emulsión del tipo CRL-1, ella se deberá diluir en agua hasta que tenga una concentración aproximada de 40 %. A las paredes de la excavación que quedarán en contacto la nueva mezcla se les aplicará un riego de liga con una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida de los tipos CRR-1 o CRR2 que cumplan los requisitos establecidos en el Artículo 411 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

Mezclas asfálticas:

En la reparación del pavimento se emplearán, de preferencia, mezclas asfálticas en caliente de gradación continua, que cumplan los requisitos del Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. El tipo o los tipos de mezcla por emplear dependerá(n) del espesor compacto de la(s) capa(s) de reparación, conforme se señala en la Tabla 450.7 del Artículo 450.

10.4.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Control del tránsito:

Debido a que la ejecución de este trabajo implica la ejecución de excavaciones aisladas en la corona de la carretera, se deberán implementar con extremo rigor las medidas de señalización y ordenamiento del tránsito que sean necesarias para garantizar la circulación segura, de acuerdo con las indicaciones del manual de señalización vial del Ministerio de Transporte.

- Demarcación de las áreas por parchar:

Antes de dar inicio a los trabajos de corte, se marcarán las áreas por someter a reparación, las cuales deberán abarcar las zonas dañadas del pavimento en reparación más, aproximadamente, unos 300 mm de pavimento en buenas condiciones a cada lado. La demarcación se efectuará haciendo uso de figuras geométricas, cuadradas o rectangulares, cuyas caras longitudinales y transversales deberán ser, respectivamente, paralelas y perpendiculares al eje de la vía. Efectuada la demarcación y antes de iniciar los trabajos de excavación para reparar el pavimento, se deberá diseñar un plan para la ejecución de las excavaciones y el posterior relleno de las mismas, que minimice las molestias a los usuarios y suprima los peligros para todo tipo de tránsito que haga uso de la vía.

- Corte y excavación:

Las capas asfálticas de las áreas delimitadas deberán ser cortadas con una máquina cortadora de pavimento, garantizando que las paredes excavadas sean uniformes y verticales. Una vez conformados los bordes de la excavación a través de las capas asfálticas, empleando equipo apropiado se excavará hasta la profundidad necesaria para corregir el deterioro y se removerá el material excavado, de manera que el fondo de la excavación sea plano, uniforme y firme. Las paredes de la excavación deberán mantener la verticalidad obtenida durante el proceso de corte.

- Compactación del fondo de la excavación:

El fondo de la excavación deberá ser compactado en un espesor no menor de quince centímetros (15 cm), de acuerdo con los niveles de densidad que se indican en el numeral 465.5.2.2 del Artículo 465 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Cargue, transporte, descargue y disposición de los materiales excavados:

Los materiales excavados deberán ser cargados y transportados a los sitios de disposición indicados en los documentos del contrato. Los materiales deberán ser transportados el mismo día en que sean excavados y deberán quedar dispuestos en el vertedero de manera que cumplan las reglamentaciones vigentes al respecto, en especial las referentes a la protección del medio ambiente, asegurando que no generen inestabilidad del terreno ni obstrucciones en el drenaje.

- Relleno de la excavación:

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y sub- base granular), cuya profundidad

sea superior a trescientos milímetros (300 mm) se deberán rellenar con material de subbase granular desde el fondo de la excavación hasta una profundidad de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente, material que deberá ser compactado con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad seca especificada en el numeral 320.5.2.2.2 del Artículo 320 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Encima de esta subbase se colocará material de base granular hasta una profundidad de setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente. Si la excavación tiene una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros y menor o igual a trescientos milímetros (150 mm < h ≤ 300 mm), se rellenará con material de base granular hasta setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente, material que deberá ser compactado con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad seca especificada en el numeral 330.5.2.2.2 del Artículo 330 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Los setenta y cinco milímetros (75 mm) superiores, hasta alcanzar el nivel de rasante del pavimento que se repara, se deberán rellenar con una mezcla asfáltica en caliente de uno de los tipos señalados en la Tabla 450-7 del Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. La mezcla colocada deberá satisfacer los requisitos exigidos en el numeral 450.5.2 del mismo Artículo. Si la excavación tiene una profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (≤ 150 mm), se rellenará en su totalidad con mezcla asfáltica en caliente, en capas de espesor compacto de no menos de cincuenta milímetros (50 mm) cada una, empleando las mezclas señaladas en la Tabla 450-7, según el espesor elegido para la capa compactada. De todas maneras, la capa superior del bacheo no podrá tener un espesor superior a setenta y cinco milímetros (75 mm). Tanto la superficie que recibirá las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, deberán ser pintadas con un riego de liga con emulsión asfáltica. Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la red vial nacional no concesionada tienen estructuras no convencionales, muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidas a varias intervenciones de rehabilitación durante el transcurso de los años, el eventual uso de materiales de subbase y base granular en las operaciones de bacheo en

ellos y sus respectivas profundidades de colocación, podrán sufrir cambios respecto de lo recién señalado, si así lo determina el Interventor de los trabajos.

- Apertura al tránsito:

Alcanzada la densidad exigida por la especificación de construcción aplicable, el tramo reparado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa asfáltica superior alcance la temperatura ambiente en todo su espesor. Por ningún motivo se permitirá la acción de cualquier tipo de tránsito sobre trabajos de bacheo en ejecución.

- Limitaciones en la ejecución:

No se permitirá ni la excavación ni su relleno en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra. No se podrán extender capas asfálticas en caliente cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C). Los trabajos de bacheo se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, si se deben evitar horas pico de tránsito público, se podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Contratista garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio.

- Manejo ambiental:

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental correspondiente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice

el Contratista no deberán afectar adversamente otros elementos de la carretera. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.4.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que la excavación ha sido correcta, que su relleno se ha construido con materiales idóneos y que la compactación de cada capa ha satisfecho los requisitos de esta especificación y las que la complementan. Así mismo, que los materiales excavados han sido retirados y depositados en vertedero aprobado. También, medirá los volúmenes de excavación y de la mezcla compactada con la que se elaboraron los trabajos de bacheo a su satisfacción.

10.4.5. MEDIDA Y PAGO

Los precios unitarios fijados para el bacheo en calzada y bermas con pavimento asfáltico cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirán, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, la excavación aprobada se medirá y pagará por metro cúbico, aproximado a la décima de metro cúbico. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823. Si las capas asfálticas se han cortado y removido con una máquina fresadora, su volumen removido, cargado, transportado y dispuesto no se reconocerá por esta especificación, sino que será objeto de medida y pago con cargo a la Actividad 1229. Los materiales de subbase granular, base granular, así como la mezcla asfáltica empleada para el bacheo, se medirán y pagarán por metro cúbico, aproximado a la décima de metro cúbico, de materiales colocados a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.Los

riegos de imprimación y liga requeridos para la ejecución de esta actividad deberán quedar incluidos dentro del precio unitario de la mezcla asfáltica.

10.5. NIVELACIÓN DE BERMAS GRANULARES NO REVESTIDAS

10.5.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la reparación y/o nivelación de bermas no revestidas de calzadas con pavimento asfáltico, que presenten un desnivel mayor de 25 mm en relación con el borde del pavimento, que presenten deformaciones, o que no se ajusten a un plano liso con una pendiente uniforme y adaptada a las normas de diseño geométrico.

10.5.2. MATERIALES

Los documentos del contrato establecerán las características del material granular por emplear en la nivelación de las bermas no revestidas. Si no se indica nada en ellos, el material se deberá ajustar a lo establecido en el numeral 311.2 del Artículo 311 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

10.5.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Antes de dar inicio al trabajo, se marcará la zona por someter a reparación, la cual deberá abarcar todo el ancho de la berma y, en sentido longitudinal, quedará delimitada por líneas perpendiculares al eje de la carretera. Se emplearán estacas tanto para definir los límites del área por reparar, como para marcar las cotas que debe alcanzar la berma nivelada. De acuerdo con el manual de diseño geométrico del Instituto, las bermas deben tener la misma pendiente transversal que el carril de circulación adyacente, bien sea en entretangencia o en curva. El trabajo se adelantará escarificando las zonas demarcadas, teniendo el cuidado de no afectar el pavimento o las bermas que no requieran reparación. La profundidad escarificada no deberá ser menor de 50 mm y, durante, el proceso, se retirarán manualmente todas las partículas cuyo tamaño exceda de 50 mm. La cantidad de material granular por aportar para lograr la nivelación deberá ser la necesaria y suficiente para que, después de extendido y

compactado, se obtenga una superficie plana, con la pendiente prevista y perfectamente nivelada con el borde del pavimento. La compactación se considerará satisfactoria si se alcanza el 100 % de la máxima de referencia del ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), incluyendo la corrección por presencia de partículas gruesas considerada en la norma INV E-143, siempre que haya lugar a ella.

- Manejo ambiental:

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del Artículo 300 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental correspondiente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente otros elementos de la carretera. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.5.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que los materiales empleados en su ejecución son idóneos y que la berma ha quedado correctamente nivelada y compactada en acuerdo con esta especificación. Así mismo, que los materiales sobrantes del trabajo han sido retirados y depositados en vertedero aprobado. También, medirá los volúmenes de material compacto utilizados en los trabajos de nivelación aceptados por él.

10.5.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para la nivelación de bermas granulares no revestidas cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cuadrado, aproximado a la décima de metro cuadrado, de berma granular nivelada a satisfacción del Interventor, cualquiera haya sido la cantidad de material aportado. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.6. RIEGOS SIN GRAVILLAS

10.6.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la aplicación de los siguientes tipos de riego:

– Riego de imprimación

– Riego de liga

– Riego tipo niebla

El riego de imprimación se aplica sobre una superficie granular terminada, previamente a la extensión de una capa asfáltica o un tratamiento bituminoso, aunque también se podrá aplicar como protección a bermas construidas en material granular y a sus taludes.

El riego de liga se aplica sobre una capa bituminosa, previamente a la extensión de otra capa bituminosa, con el fin de promover la adherencia entre ambas. El riego del tipo niebla se aplica sobre la superficie de un pavimento en servicio, con uno de dos propósitos:

– Mejorar la impermeabilidad cuando el pavimento es nuevo o relativamente nuevo y presenta síntomas de disgregación o escasez en la dosificación del asfalto o, simplemente, para mejorar su apariencia, caso en el cual se denomina riego en negro.

– Rejuvenecer una capa de rodadura envejecida debido a la oxidación del ligante, caso en el cual se llama riego de rejuvenecimiento.

10.6.2. MATERIALES

El riego de imprimación se podrá aplicar con una emulsión catiónica de rotura lenta de los tipos CRL-0 o CRL-1, o con un asfalto líquido MC-30. Las emulsiones deberán satisfacer los requisitos de calidad mencionados en el Artículo 411 y el asfalto líquido los que se señalan en el Artículo 416 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Cuando se emplee emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1, ésta se deberá diluir en agua hasta que tenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40 %). Los documentos del contrato indicarán cuál de los materiales bituminosos indicados deberá ser utilizado para el riego de imprimación. El riego de liga se aplicará con una emulsión catiónica de rotura rápida, que podrá ser convencional de los tipos CRR-1 o CRR-2 contemplados en el Artículo 411 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto; o con asfalto modificado con polímeros, de los tipos CRR-1m o CRR-2 m, cuyas propiedades se describen en el Artículo 415 de las mismas especificaciones. Los documentos del contrato indicarán cuál de estos materiales bituminosos deberá ser utilizado para el riego de liga.

El riego en negro se efectuará con una emulsión asfáltica de rotura lenta de alguno de los tipos CRL-1 o CRL-1h, considerados en el Artículo 411 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. La emulsión se deberá diluir en agua 50 % (una parte de emulsión + una parte de agua potable), para reducir su viscosidad y permitir el control de la aplicación de pequeñas cantidades de asfalto residual. El producto por utilizar para el riego de rejuvenecimiento será un agente catiónico de rejuvenecimiento, compuesto por aceites de

petróleo y resinas, emulsificados con agua. Si los documentos del contrato no especifican algo en contrario.

Eventualmente, se debe aplicar arena a la superficie tratada tanto para proteger la imprimación o el sello tipo niebla, como para prevenir accidentes a los vehículos que circulen sobre ellos, debido a reducciones que se pueden producir en la resistencia al deslizamiento de la superficie. En tal caso, las características de la arena deberán ser las indicadas en el numeral 432.2.1 del Artículo 432 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

10.6.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Riego de imprimación:

El riego de imprimación se deberá realizar de conformidad con lo indicado en el numeral 420.4 del Artículo 420 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Riego de liga:

El riego de liga se deberá realizar en acuerdo con el numeral 421.4 del Artículo 421 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Sellos tipo niebla:

La manera de ejecutar el sello es básicamente la misma, sea que se trate de un riego en negro o de uno de rejuvenecimiento. El primer paso consiste en barrer cuidadosamente la superficie que se va a tratar, para eliminar barro, polvo, basura y cualquier otro material suelto. En seguida, se aplica el riego con un carrotanque autopropulsado, salvo en áreas muy pequeñas o inaccesibles a él, donde se permite la aplicación con una lanza regadora manual. No existe un procedimiento de diseño que permita establecer la dosificación del riego, ya que ella

depende del estado de la superficie por tratar, razón por la cual se deberá determinar tras unas pruebas iniciales. Una dosificación típica para la emulsión diluida al 50 % para el riego en negro es de 0,25 a 0,50 l/m^2, correspondiendo la dosis mayor a superficies muy abiertas. Tampoco hay reglas en cuanto a la dosificación del sello rejuvenecedor, pues ella depende, en gran medida, del grado de envejecimiento del asfalto que, por lo general, no se conoce cuando se realizan trabajos de mantenimiento. Por lo tanto, las dosis en los dos tipos de sellos se deberán obtener mediante tanteos en cada situación particular. En cualquier caso, es preferible que la cantidad aplicada sea defectuosa y no excesiva, dado el efecto adverso del sello sobre la resistencia al deslizamiento, en especial durante los días siguientes a la ejecución del tratamiento. La aplicación de una capa de arena, a una tasa aproximada de 0,5 kg/m^2 es recomendable, con un barrido posterior para eliminar las partículas sueltas. Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

No se permitirá ningún tipo de tránsito mientras la emulsión no haya roto ni se haya verificado la resistencia al deslizamiento del tramo sometido al sello. La verificación se realizará conforme se explica en el numeral 432.5.2.3.2 del Artículo 432 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto y ninguno de los resultados de las medidas podrá ser inferior al límite indicado en la Tabla 432-5 del mismo Artículo, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección. En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Todos los materiales sobrantes deberán ser recogidos y trasladados a sitios de vertimiento aprobados, dejando el área de los trabajos completamente limpia.

- Disposiciones adicionales:

Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.6.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que los materiales empleados en la ejecución del trabajo son idóneos, que el riego correspondiente se haya construido en acuerdo con esta especificación y las conexas a ella. En el caso de los riegos tipo niebla, deberá comprobar que no se presentan deficiencias en relación con la resistencia al deslizamiento. Así mismo, medirá el área en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

10.6.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para cada uno de los riegos sin gravilla cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. En los riegos en los que pueda resultar necesaria la adición de una capa protectora de arena, el costo de su suministro, esparcimiento y barrido deberán estar incluidos dentro del respetivo precio unitario. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cuadrado de riego, aproximado al entero, aplicado a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.7. SELLO DE ARENA - ASFALTO

10.7.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere al recubrimiento de un pavimento asfáltico con un riego de un material bituminoso, seguido por la extensión y la compactación de una delgada capa de arena, con el fin de sellar de la superficie y mejorar temporalmente la fricción superficial.

10.7.2. MATERIALES

El material bituminoso y la arena deberán cumplir los requisitos mencionados en el numeral 432.2 del Articulo 432 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Solamente se considera el empleo de emulsión catiónica del tipo CRR-2.

10.7.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

El trabajo se adelantará en acuerdo con el contenido del numeral 432.4 del Artículo 432 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Disposiciones adicionales: Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental correspondiente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.7.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que los materiales empleados en la ejecución del trabajo son idóneos y que se satisfacen los requerimientos del numeral 432.5

del Artículo 432 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Así mismo, medirá el área en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

10.7.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para el sello de arena asfalto cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cuadrado de sello, aproximado al entero, aplicado a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.8. TRATAMIENTO SUPERFICIAL

10.8.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la aplicación de riegos de material bituminoso seguidos por la extensión y compactación de capas de agregado pétreo. Si solamente se aplican un riego y una capa de agregado pétreo, el tratamiento superficial se denomina simple, en tanto que, si el trabajo consiste en dos aplicaciones de un material bituminoso sobre una superficie preparada, seguidas sucesivamente por la extensión y compactación de sendas capas de agregado pétreo, se trata de un tratamiento superficial doble.

10.8.2. MATERIALES

El material bituminoso y los agregados pétreos para la construcción de un tratamiento superficial simple deberán cumplir los requisitos mencionados en el numeral 430.2 del Artículo 430 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Si el tratamiento por construir es doble, los requisitos de los materiales se presentan en el numeral 431.2 del Artículo 431. El material bituminoso por emplear será una emulsión

asfáltica catiónica de rotura rápida, cuyo tipo se fijará en los documentos del proyecto. Si en ellos no se indica nada al respecto, se empleará una del tipo CRR-2. Siempre que se precise la inclusión de aditivos mejoradores de adherencia, ellos se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412 de las mismas especificaciones.

10.8.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Tratamiento superficial simple:

El trabajo se adelantará en acuerdo con el contenido del numeral 430.4 del Artículo 430 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Tratamiento superficial doble:

El trabajo se realizará de acuerdo con el contenido del numeral 431.4 del Artículo 431 de las mismas especificaciones.

- Manejo ambiental:

En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental correspondiente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.8.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que los materiales empleados en la ejecución del trabajo son idóneos y que se satisfacen los requerimientos del numeral 430.5 del Artículo 430 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto si el tratamiento construido es simple y los del numeral 431.5 del Artículo 431 si es doble. Así mismo, medirá el área en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

10.8.5. MEDIDA Y PAGO

Los precios unitarios fijados para los tratamientos superficiales cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirán, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cuadrado de tratamiento superficial, aproximado al entero, construido a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.9. LECHADA ASFÁLTICA Y MICROAGLOMERADA EN FRÍO

10.9.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la construcción de un sello de recubrimiento constituido por una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta, llenante mineral y, eventualmente, aditivos, mezcla que es elaborada y extendida por un equipo autopropulsado, específico para este trabajo. Si la emulsión asfáltica empleada es convencional, la mezcla recibe el nombre de lechada asfáltica, y si es modificada con polímeros recibe el nombre de microaglomerado en frío.

10.9.2. MATERIALES

- Agregados pétreos y llenante mineral:

Deberán cumplir los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y los requisitos particulares de la Tabla 433 - 1 del Artículo 433 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. El agregado fino para la elaboración de una lechada asfáltica deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del veinticinco por ciento (25 %) de la masa total del agregado combinado. El agregado fino para la elaboración de un microaglomerado en frío deberá proceder, en su totalidad, de la trituración de piedra de cantera o de grava natural. El llenante mineral incluido en los agregados se podrá complementar o suplir con un producto comercial o especialmente preparado, generalmente cal o cemento, cuya misión sea controlar el proceso de rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión de la lechada asfáltica o del microaglomerado. Deberá cumplir lo indicado en la Tabla 433 - 2 del Artículo 433 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. La granulometría de la mezcla de agregados y llenante se deberá ajustar a alguna de las que se indican en la Tabla 433 - 3 del Artículo mencionado. La gradación LA-3 solamente se podrá utilizar para el sellado de grietas y como sello fino en carreteras de bajo tránsito (NT- 1). La gradación LA-5 es de aplicación general para mejorar la macrotextura de la superficie. Las gradaciones LA-10 y LA-13 producen superficies con una macrotextura profunda y se emplean en vías con un alto nivel de tránsito (NT-3). A los fines de la aplicación de esta especificación, las lechadas asfálticas solamente se podrán elaborar con las gradaciones LA-3 y LA-5, en tanto que para la elaboración de microaglomerados en frío se podrán emplear las gradaciones LA-5, LA-10 y LA-13. La gradación por utilizar estará indicada en los estudios técnicos que soportan el contrato de mantenimiento.

- Material bituminoso:

Para la elaboración de las lechadas asfálticas se empleará una emulsión catiónica convencional, de rotura lenta y superestable del tipo CRL1-h, que cumpla los requisitos indicados en Artículo 411 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Los microaglomerados en frío se elaborarán con una emulsión modificada con polímeros, catiónica de rotura lenta y superestable del tipo CRL1-hm, que cumpla los requisitos indicados en el Artículo 415 de las mismas especificaciones.

- Agua:

El agua para la pre-envuelta de los agregados deberá ser limpia y libre de materia orgánica. Su calidad deberá ser tal, que no afecte el proceso normal de elaboración, rotura y curado de la lechada o microaglomerado. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los siguientes requisitos: – pH: entre 5,5 y 8,0 (medido de acuerdo con la norma ASTM D 1293) – Contenido de sulfatos, expresado como SO4=: máximo 1,0 g/l (medido de acuerdo con la norma ASTM D 516)

- Aditivos:

Cuando las características del proyecto de mantenimiento exijan la incorporación de aditivos para controlar los tiempos de rotura y apertura al tránsito o para modificar la reología de la lechada o microaglomerado, su empleo, sus características, su dosificación y su modo de dispersión deberán estar previstos en los documentos técnicos del contrato, ya que no habrá lugar a pago separado por su eventual incorporación en la mezcla.

10.9.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Diseño de la lechada o del microaglomerado en frío y obtención de la fórmula de trabajo: La consistencia apropiada de la lechada se determinará en el laboratorio por medio de la prueba del cono de consistencia (norma de ensayo INV E-777). El contenido óptimo de ligante se

determinará mediante los ensayos mecánicos de abrasión en pista húmeda, según la norma de ensayo INV E- 778 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-779.

- Preparación de la superficie existente:

Con suficiente antelación a la aplicación de la lechada asfáltica o del microaglomerado en frío, se deberá haber efectuado los parcheos y bacheos de las áreas inestables del pavimento o el fresado necesario para eliminar todos los excesos de ligante o irregularidades del perfil que se presenten, con cargo a las partidas correspondientes a estas actividades. Inmediatamente antes de proceder a la aplicación de la lechada asfáltica o del microaglomerado en frío, se deberán remover del pavimento el polvo, el barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras. Sólo se permitirá el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos o donde las autoridades ambientales prohíban el uso de éstos. Una vez limpia, la superficie del pavimento se deberá tratar con un riego uniforme de una solución compuesta de 1 parte de emulsión de rotura lenta diluida en 4 partes de agua, a razón de 0,5 l/m^2.

- Elaboración y aplicación de la lechada asfáltica o del microaglomerado en frío:

La mezcla se deberá elaborar en un equipo mezclador móvil de tipo continuo, dotado de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, sincronizados para dosificar los agregados, el llenante, el agua, la emulsión y los aditivos que requiera la lechada, de manera que permita obtener la composición correspondiente a la fórmula de trabajo; tendrá, además, un mezclador y una caja repartidora o rastra provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto, extensión y buena terminación de la mezcla. La rastra deberá llevar en su interior un dispositivo que reparta uniformemente la lechada o microaglomerado ante la maestra. El mezclador de la

máquina deberá helicoidal para la elaboración de lechadas, y de doble eje y paletas múltiples para los microaglomerados en frío. Este último también se podrá usar para la elaboración de la lechada. Las proporciones de los componentes de la lechada o del microaglomerado en frío deberán corresponder a la fórmula de trabajo aprobada. La incorporación de los ingredientes se hará de manera que la envuelta de los agregados por parte del ligante sea completa y homogénea mientras la lechada o el microaglomerado permanezcan en el cajón mezclador. La mezcla preparada en el cajón mezclador de la máquina pasará a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, la que se encargará de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie. El avance del equipo se hará paralelamente al eje de la carretera y su velocidad se ajustará para garantizar una aplicación y una dosificación correctas de la lechada o el microaglomerado y una textura uniforme. Cuando se deba mantener el tránsito en carreteras de una calzada con dos carriles, las lechadas asfálticas y los microaglomerados en frío se construirán por media calzada, no pudiéndose iniciar los trabajos en la otra mitad mientras la primera no sea librada al tránsito.

- Juntas de trabajo:

Las juntas de trabajo longitudinales no podrán presentar traslapos ni áreas sin cubrir y las acumulaciones que se produzcan serán alisadas manualmente de manera inmediata, antes de la rotura de la emulsión. Al finalizar la extensión de una franja, se realizará una junta transversal de trabajo, la cual deberá ser recta y perpendicular al eje de la vía. Los traslapos de las juntas transversales deberán ser alisados antes de la rotura de la emulsión, de modo que no se presenten cambios apreciables en la uniformidad de la superficie. Con el fin de evitar una aplicación doble sobre la misma superficie, en los lugares de inicio y finalización de las aplicaciones se deberá colocar una tira de papel kraft o cartón, de un ancho no inferior a 0,70 m. Una vez utilizada la tira, se deberá retirar de inmediato.

- Aplicación en dos capas:

En caso de estar prevista la construcción en dos capas, la segunda no se podrá comenzar mientras no haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación y haya sido sometido al tránsito automotor al menos durante un (1) día. El material que se desprenda deberá ser barrido antes de proceder a la aplicación de la segunda capa. Las juntas longitudinales y transversales de la segunda capa no deberán coincidir con las de la primera. Cuando el trabajo se realiza en dos capas, es costumbre construir la primera más fina (normalmente LA-3) con lechada asfáltica y la segunda, más gruesa, generalmente LA-10.

- Apertura al tránsito:

Se deberá impedir la circulación de todo tipo de tránsito sobre las capas que no hayan curado completamente. El tiempo requerido para dicho curado depende del tipo de emulsión, de las características de la mezcla y de las condiciones climáticas y será definido en la obra.

- Limitaciones en la ejecución:

No se permitirá la elaboración y aplicación de una lechada o un microaglomerado si la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie son inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

- Manejo ambiental:

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental

correspondiente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.9.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que los materiales y mezclas empleados en la ejecución del trabajo son idóneos y que se satisfacen tanto los requerimientos de esta especificación, como los señalados en el numeral 433.5 del Artículo 433 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Siempre que en el numeral recién citado se mencione la palabra lechada, la referencia se deberá hacer extensiva al microaglomerado en frío. Así mismo, medirá el área en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

10.9.5. MEDIDA Y PAGO

Los precios unitarios fijados para las lechadas asfálticas y los microaglomerados en frío cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, inclusive el riego de liga previo a la extensión de la lechada o el microaglomerado, e incluirán los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cuadrado de lechada asfáltica o de microaglomerado en frío, aproximado al entero, construido a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823. Cuando el trabajo se realice en dos capas, se pagará cada una de ellas por separado.

10.10. SELLO DEL CABO

10.10.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la construcción de un sello asfáltico de protección compuesto por una primera capa que corresponde a un tratamiento superficial simple y, sobre éste, una capa de lechada asfáltica. La aplicación conjunta de estos dos tratamientos combina las principales características favorables de ambos: el tratamiento superficial aporta impermeabilización y resistencia al deslizamiento, mientras que la lechada aporta lisura, reduce el nivel del ruido de rodadura y evita el desprendimiento de partículas típico de los tratamientos superficiales.

10.10.2. MATERIALES

Materiales para el tratamiento superficial: Los agregados pétreos para la construcción del tratamiento superficial simple deberán cumplir los requisitos mencionados en el numeral 430.2 del Artículo 430 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto, con excepción de la gradación. El material bituminoso será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2.

- Materiales para la lechada asfáltica:

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requerimientos mencionados en el numeral 1224.2 de la Actividad 1224 de estas especificaciones de mantenimiento. La banda granulométrica por utilizar será la LA-5. Para la elaboración de la lechada asfáltica se deberá emplear una emulsión catiónica convencional, de rotura lenta y superestable, del tipo CRL1-h.

10.10.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Tratamiento superficial simple:

El trabajo se adelantará en acuerdo con el contenido del numeral 430.4 del Artículo 430 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Considerando que

es menester esperar un tiempo entre la construcción del tratamiento y el de la lechada (de tres semanas, salvo que los documentos técnicos del contrato especifiquen otro lapso), el tratamiento se podrá librar al tránsito automotor una vez que su material ligante haya curado completamente y que se hayan eliminado por barrido las partículas sueltas. Sin embargo, antes de aplicar la lechada, se deberán reparar todos los daños que haya sufrido el tratamiento abierto al tránsito.

- Lechada asfáltica:

El trabajo se llevará a cabo en acuerdo con lo señalado en el numeral 433.4 del Artículo 433 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental competente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.10.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que los materiales empleados en la ejecución del trabajo son idóneos y que se satisfacen los requerimientos del numeral 430.5 del Artículo 430 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto para el tratamiento superficial simple y en el numeral 433.5 del Artículo 433 de ellas para la lechada asfáltica. Así mismo, medirá el área en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

10.10.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para el sello del cabo cubrirá la totalidad de los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cuadrado de sello del Cabo, aproximado al entero, construido a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823. No serán objeto de medida ni de pago separado las reparaciones que se deban hacer al tratamiento superficial por los deterioros sufridos durante su apertura al tránsito antes de aplicar la lechada asfáltica.

10.11. MICROAGLOMERADO EN CALIENTE

10.11.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la construcción de una capa de mezcla asfáltica de tipo discontinuo para capa de rodadura, preparada y colocada en caliente sobre un pavimento existente, con el fin de mejorar las condiciones de drenaje y de fricción superficial, a la vez que brindar al pavimento un aspecto rejuvenecido con una nueva superficie de rodamiento.

10.11.2. MATERIALES

- Agregado pétreo:

El agregado pétreo para la elaboración del microaglomerado en caliente deberá cumplir los requisitos establecidos en el numeral 452.2.1 del Articulo 452 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Cemento asfáltico:

El material bituminoso para elaborar la mezcla discontinua en caliente será cemento asfáltico modificado con polímero, que corresponda a los tipos II (IIa o IIb) o III de la Tabla 414 - 1 del Artículo 414; también, puede ser cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado que cumpla los requisitos establecidos en el Artículo 413. El tipo por utilizar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

- Material para el riego de liga:

Se empleará una emulsión asfáltica modificada con polímeros del tipo CRR-2m, de las características establecidas en el Artículo 415 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Adiciones:

Cuando se requieran aditivos mejoradores de adherencia, deberán cumplir los requisitos del Artículo 412 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Si se requiere la adición de fibras naturales o artificiales para aportar una armadura al mortero asfáltico, mejorando su cohesión, su resistencia a la tracción, a la deformación plástica y a la fatiga; su tipo y contenido deberán ser definidos en los estudios técnicos del proyecto.

10.11.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

En relación con la ejecución de los trabajos, aplica el numeral 452.4 del Artículo 452 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental

competente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.11.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que se cumplen las condiciones que señala el numeral 452.5 del Artículo 452 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Así mismo, medirá el volumen de mezcla compactada utilizada en el trabajo realizado a satisfacción.

10.11.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para el microaglomerado en caliente cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, inclusive los que implique el suministro del ligante y la elaboración del riego de liga previo a la extensión del microaglomerado en caliente, e incluirá los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Contratista. Los costos que implique el suministro del ligante y la elaboración del riego de liga previo a la extensión del microaglomerado en caliente se reconocerán como se establece en la Actividad 1221. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cúbico compactado, aproximado a la décima de metro cúbico, de capa de microaglomerado en caliente construida a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.12. SOBRECAPA DELGADA

10.12.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la construcción de una capa de mezcla asfáltica de tipo denso en caliente para capa de rodadura, preparada y colocada en caliente sobre un pavimento existente estructuralmente sano, en un espesor no mayor de 40 mm, con el fin de retardar los síntomas de desintegración superficial o mejorar la resistencia al deslizamiento, a la vez que brindarle al pavimento un aspecto rejuvenecido con una nueva superficie de rodamiento.

10.12.2. MATERIALES

- Agregado pétreo:

El agregado pétreo para la elaboración de la mezcla para la sobrecapa delgada deberá cumplir los requisitos establecidos en el numeral 450.2.1 del Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. La gradación por emplear deberá ser la MDC-10.

- Cemento asfáltico:

El material bituminoso para elaborar la mezcla para la sobrecapa delgada podrá ser cemento asfáltico convencional o modificado con polímero y se elegirá de acuerdo con los criterios que presenta la Tabla 450-8 del Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. También, se podrá emplear cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado. Los asfaltos deberán cumplir los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 410, 413 o 414 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto, según corresponda.

- Aditivos mejoradores de adherencia:

Cuando se requieran, deberán cumplir los requisitos del Artículo 412 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

10.12.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

En relación con la ejecución de los trabajos, aplica el numeral 450.4 del Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

Las sobrecapas delgadas solamente se deben colocar sobre pavimentos estructural y funcionalmente sanos. Por lo tanto, cualquier deterioro que tenga el pavimento existente deberá ser reparado previamente. Debido a su bajo espesor, las sobrecapas delgadas de mezcla en caliente pierden temperatura con gran rapidez, motivo por el cual la temperatura de compactación se deberá vigilar de manera muy rigurosa.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental competente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.12.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que se cumplen las condiciones que señala el numeral 450.5 del Artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Debido a su bajo espesor, una sobrecapa delgada no puede corregir las deficiencias de regularidad del pavimento existente. Por lo tanto, no aplican las exigencias del numeral 450.5.2.5.9 del Artículo 400, y el Interventor se limitará a verificar que el índice internacional de rugosidad (IRI) medido en el pavimento con la sobrecapa no sea superior al

que presentaba antes de su colocación. Si este requisito no se satisface, el Contratista deberá realizar, a su costa, las reparaciones que sean necesarias y que resulten satisfactorias para el Interventor. El Interventor verificará, además, que el área de trabajo ha quedado completamente limpia luego de ejecutado el trabajo y medirá el volumen de mezcla compactada que se haya colocado a su satisfacción.

10.12.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para la sobrecapa delgada cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. Los costos que implique el suministro del ligante y la elaboración del riego de liga previo a la extensión de la sobrecapa delgada se reconocerán como se establece en la Actividad 1221. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cúbico compactado, aproximado a la décima de metro cúbico, de capa de sobrecapa delgada construida a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.13. MEZCLA DRENANTE

10.13.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la construcción de una capa asfáltica, empleando una mezcla elaborada en planta y en caliente con cemento asfáltico elaborado con polímero y con un agregado pétreo cuyo bajo contenido de agregado fino hace que su volumen de vacíos con aire luego de compactada sea muy alto, confiriéndole características drenantes y antideslizantes.



10.13.2. MATERIALES

- Agregado pétreo:

El agregado pétreo para la elaboración de la mezcla drenante deberá cumplir los requisitos establecidos en el numeral 453.2.1 del Artículo 453 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Cemento asfáltico:

El material bituminoso para elaborar la mezcla drenante será cemento asfáltico modificado con polímero, que corresponda a los tipos I o II de la Tabla 414-1 del Artículo 414 de las mismas especificaciones. El tipo por utilizar será el indicado en los documentos técnicos del proyecto.

- Aditivos mejoradores de adherencia:

Cuando se requieran, deberán cumplir los requisitos del Artículo 412 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

10.13.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

En relación con la ejecución de los trabajos, aplica el numeral 453.4 del Artículo 453 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Si durante la preparación de la superficie se requiere la ejecución de operaciones de parcheo y bacheo, ellas se realizarán y reconocerán atendiendo las Actividades 1212 y 1214 de estas especificaciones y no el último párrafo del numeral 453.4.3 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

- Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales sobrantes y de desecho, de la forma exigida por la autoridad ambiental competente. Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.13.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que se cumplen las condiciones que señala el numeral 453.5 del Artículo 453 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto y que el área de trabajo ha quedado completamente limpia. Así mismo, medirá el volumen de mezcla compactada que se haya colocado a su satisfacción.

10.13.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para la mezcla drenante cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. Los costos que implique el suministro del ligante y la elaboración del riego de liga previo a la extensión de la mezcla drenante se reconocerán como se establece en la Actividad 1221. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cúbico compactado, aproximado a la décima de metro cúbico, de capa de mezcla drenante construida a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

10.14. FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

10.14.1. DESCRIPCIÓN

Esta actividad se refiere a la molienda parcial o total de la capa de rodadura de un pavimento asfáltico para corregir sus perfiles longitudinal y transversal, molienda mediante la cual se remueven abultamientos, excesos de asfalto, grietas descendentes de poca profundidad y otras imperfecciones superficiales sin afectar las capas inferiores, dejando una superficie de macrotextura rugosa y nivelada de elevada resistencia al deslizamiento. Esta actividad también aplica al corte y remoción de capas asfálticas que se realice con máquina fresadora, con motivo de los trabajos de parcheo y bacheo cobijados por las Actividades 1212 y 1214 de estas especificaciones.

10.14.2. MATERIALES

La ejecución de esta actividad no requiere el suministro de materiales.

10.14.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Preparación de la superficie existente:

Antes de iniciar la operación de fresado, la superficie del pavimento se deberá barrer y/o soplar para asegurar su limpieza.

- Fresado:

El fresado se efectuará sobre el área y espesor establecidos en el proyecto o señalados por el Interventor, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente. En proximidades de sardineles y en otros sitios inaccesibles al equipo de fresado, el pavimento se deberá remover empleando otros métodos que den lugar a una superficie apropiada Todo el material extraído como resultado de esta operación, deberá ser transportado y acopiado en los lugares que indiquen los documentos del proyecto. Si al

término de una jornada de trabajo no se alcanza a completar el fresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere cincuenta milímetros (50 mm), se deberán suavizar de manera que no impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual providencia se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

Se deberán adoptar las precauciones necesarias para que los trabajos de fresado no produzcan daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca de la zona de acción de los equipos.

- Manejo ambiental:

En relación con el manejo ambiental, es de aplicación lo descrito en el numeral 400.4.7.9 del Artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.

Disposiciones adicionales:

Durante la ejecución del trabajo, los procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

10.14.4. ACEPTACIÓN DEL TRABAJO

El Interventor aceptará el trabajo luego de verificar que el fresado se ha realizado en el área y espesor autorizados y que las faltas de regularidad han sido correctamente corregidas. Además, verificará que el material fresado ha sido cargado, transportado y dispuesto en el vertedero autorizado, y que la superficie ha sido limpiada de cualquier residuo de la operación. Así mismo, medirá el área en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.



10.14.5. MEDIDA Y PAGO

El precio unitario fijado para el fresado de pavimento asfáltico cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 de estas especificaciones. Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista. El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, se medirá y pagará por metro cuadrado, aproximado al entero, de superficie fresada a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823. Si en los trabajos de parcheo y bacheo que son objeto de las Actividades 1212 y 1214, las capas asfálticas se han cortado y removido con una máquina fresadora, su volumen removido, cargado, transportado y dispuesto se reconocerá a través de la presente especificación. Se deberá fijar un ítem de pago para cada espesor de fresado que se especifique en los documentos del contrato.

11. CONCLUSIONES

- La estructura de pavimento flexible para el tramo de 90 m ubicado en la Carrera 23c, entre la Transversal 15 y Transversal 8 del municipio de El Peñol corresponde a una carpeta asfáltica de 8 cm de espesor, una base granular de 10 cm de espesor y una subbase granular de 17 cm, para un espesor total de 35 cm.
- La estructura de pavimento flexible para el tramo de 60 m ubicado en la vía de ingreso a la vereda Horizontes y al centro de acopio del municipio de El Peñol corresponde a una carpeta asfáltica de 8 cm de espesor, una base granular de 8 cm de espesor y una subbase granular de 15 cm, para un espesor total de 31 cm.
- En el caso de la Carrera 23c se obtuvo un número estructural calculado de 2,757, superando el 2,714 del número estructural requerido, mientras que, en el caso de la vía de ingreso a la vereda Horizontes se estimó un número estructural calculado de 2,543, superando el 2,340 por lo tanto, el modelo cumple en ambos casos, siendo apto para soportar las solicitaciones esperadas.
- Los ensayos de clasificación ejecutados en laboratorio indicaron condiciones favorables respecto al material existente, ya que no se encontró presencia de arcillas expansivas en la subrasante en ninguna de las zonas del corredor vial analizado.
- Dado que los ensayos de PDC y posterior correlacionamiento con el CBR se obtuvieron valores que se encuentran por encima del 3% para todos los tramos que serán intervenidos se obtuvieron, no se prevé la necesidad de un reemplazo para la subrasante.
- La región está compuesta principalmente por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Se destacan los batolitos como el Batolito Antioqueño, que contiene rocas como cuarzodiorita y granodiorita. Estas formaciones son indicativas de un pasado tectónico activo y de la presencia de minerales valiosos como el oro y esmeraldas en vetas y diques. La presencia de estas rocas duras y resistentes a la erosión ha dado lugar a un relieve accidentado con pendientes pronunciadas y valles profundos.

- La presencia de fallas significativas, como la falla Romeral, indica un entorno tectónicamente complejo. Esta falla se extiende a lo largo de la Cordillera Central, afectando la estabilidad de los suelos y la disposición de los recursos minerales en la región. Además, la presencia de diaclasas y fracturas en las rocas aumenta la susceptibilidad a la erosión y a los movimientos en masa.
- La erosión y sedimentación son procesos dominantes en la zona, con un notable impacto de las lluvias intensas que pueden desencadenar movimientos en masa. La identificación de áreas propensas a deslizamientos es crucial para la planificación de infraestructuras. Los procesos de meteorización física y química, como la hidrólisis y la oxidación, afectan la resistencia y estabilidad de las rocas, contribuyendo a la formación de suelos residuales.
- Se han identificado varias unidades geomorfológicas en El Peñol, incluyendo lomas denudadas y planicies aluviales. Estas formaciones son resultado de procesos de denudación y erosión que han moldeado el paisaje a lo largo del tiempo. Las lomas denudadas son el producto de la erosión diferencial de las rocas, mientras que las planicies aluviales se han formado por la acumulación de sedimentos transportados por los ríos y quebradas.
- La topografía presenta variaciones significativas, con pendientes que van de suaves a muy escarpadas. Las áreas con pendientes abruptas son especialmente vulnerables a la erosión y los deslizamientos, lo que requiere atención en la planificación de proyectos de construcción. Las pendientes pronunciadas también limitan el desarrollo de infraestructura y actividades agrícolas, ya que aumentan los riesgos de remoción en masa y erosión.
- La cobertura vegetal juega un papel crucial en la estabilidad del suelo. Las áreas desprovistas de vegetación son más susceptibles a la erosión, lo que incrementa el riesgo de movimientos en masa. Por lo tanto, la conservación de la vegetación es esencial para la mitigación de riesgos geológicos. La deforestación y los incendios

forestales pueden acelerar los procesos erosivos y aumentar la vulnerabilidad de los suelos a los deslizamientos.

12. RECOMENDACIONES

12.1. EXCAVACIONES PARA MEJORAMIENTOS

Las excavaciones para mejoramientos se realizarán en los sectores autorizados por el supervisor, la geometría de estos, incluida la profundidad será la indicada por este estudio.

Se deberán ejecutar los trabajos de drenaje necesarios para el control y eliminación de aguas durante y después de los trabajos de construcción del mejoramiento, con el objetivo de evitar la saturación del suelo de fundación.

Las excavaciones para mejoramientos no deberán permanecer abiertas en épocas de lluvia.

La ejecución de mejoramientos por debajo de la profundidad sugerida, para reemplazar suelos saturados por lluvia debido a la falta de un adecuado drenaje o por abandono de los trabajos deberá realizarse de manera progresiva para garantizar su estabilidad, excavando cuñas con una profundidad máxima de 1,5 m en el frente de avance.

12.2. COMPACTACIÓN DEL MATERIAL DE REEMPLAZO DE LA SUBRASANTE

Se recomienda que se tomen por lo menos tres (3) muestras en cada unidad geológica – geotécnica homogénea para realizar ensayos de densidad en campo o en laboratorio. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar.

Las densidades individuales deberán ser, como mínimo, el 95% de la máxima densidad obtenida en el ensayo proctor modificado.

La humedad de trabajo no debe variar en ± 2% respecto al contenido óptimo de humedad, establecido mediante el ensayo proctor modificado.

Siempre que sea necesario, se realizarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

La compactación deberá realizarse de manera controlada para evitar el aumento en la presión de poros del material que se está compactando, lo que podría originar inestabilidad en la capa o capas.

12.3. MANEJO DE AGUAS SUBSUPERFICIALES

Cuando se estén efectuando las excavaciones, se deberá tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos de material que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales y hagan que estas se empocen en puntos localizados.

En los trabajos de excavación, no deben alterarse los cursos de aguas superficiales, para lo cual mediante obras hidráulicas como cunetas, alcantarillas y aliviaderos dispuestos a criterio se debe encauzar, reducir la velocidad del agua y disminuir la distancia que tiene que recorrer. Estas labores traerán beneficios en la conservación del medio ambiente y disminución en los costos de mantenimiento, así como evitará retrasos en la obra.

12.4. RELLENOS NO ESTRUCTURALES

Los rellenos que tengan lugar en el proyecto para conformación de las obras de urbanismo deberán conformarse con suelos tolerables de acuerdo con la norma INVIAS 2012 Capitulo 2-1 Tabla 220-1 y presentada en la Tabla 12-1.

Tabla 12-1. Requisito de los materiales para Terraplenes

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	60
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Fuente: INVIAS, 2012.

12.4.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, deben estar terminadas las labores de desmonte y limpieza, según se especifica en el artículo 200 del capítulo 2_1 de la norma INVIAS 2012.

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado; también se debe implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el interventor determinará los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base.

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en un 92% del Proctor modificado, en una profundidad de 15 cm, la cual se podrá reducir a 10cm cuando el terraplén se deba construir sobre un afirmado existente.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se deberá cortar en forma escalonada, de acuerdo con los planos o instrucciones del diseñador, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo. Se considerará este procedimiento como obligatorio en pendientes transversales mayores de 20%.

Cuando lo señale el proyecto o lo ordene el interventor, la capa superficial del suelo existente que cumpla con lo señalado en la Tabla 12-1, se deberá mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.

Si el terraplén hubiese de ser construido sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales; si lo anterior fuese impráctico, se deberá considerar su tratamiento previo y consolidación o la utilización de cualquier otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir los esfuerzos debido al peso del terraplén terminado. Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando, uno o varios geosinteticos, encima de los cuales se realizará de conformidad con las indicaciones del diseñador.

12.5. RELLENOS EN MUROS DE CONTENCIÓN Y SOBRE TALUDES TEMPORALES

Los rellenos detrás de los muros de contención que constituyen suelo base para placas de piso podrán realizarse con material común hasta 2 m antes de la rasante final, en donde deberá

disponerse base granular en capas de 20 cm cada una y compactadas al 92% de proctor modificado.

Si el relleno no es estructural, se puede realizar con material común, dispuesto en capas de 20 cm y compactado y/o amasado según su textura.

12.5.1. GEOMETRÍA DE LOS RELLENOS

Los rellenos podrán conformarse en alturas máximas de hasta 2 m, con taludes con pendientes 1,5H:1,0V.

12.6. TERRAPLENES

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, deben estar terminadas las labores de desmonte y limpieza, según se especifica en el artículo 200 del capítulo 2_1 de la norma INVIAS 2012.

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado; también se debe implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el interventor determinará los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base.

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en un 92% del Proctor modificado, en una profundidad de 15 cm, la cual se podrá reducir a 10cm cuando el terraplén se deba construir sobre un afirmado existente.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se deberá cortar en forma escalonada, de acuerdo con los planos o instrucciones del diseñador, para asegurar la estabilidad del

terraplén nuevo. Se considerará este procedimiento como obligatorio en pendientes transversales mayores de 20%.

Cuando lo señale el proyecto o lo ordene el interventor, la capa superficial del suelo existente que cumpla con lo señalado en la Tabla 12-2, se deberá mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.

Si el terraplén hubiese de ser construido sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales; si lo anterior fuese impráctico, se deberá considerar su tratamiento previo y consolidación o la utilización de cualquier otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir los esfuerzos debido al peso del terraplén terminado. Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando, uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se realizará de conformidad con las indicaciones del diseñador.

La construcción de terraplenes deberá realizarse con materiales que cumpla la especificación de suelos adecuados y seleccionados contenidos en la Tabla 12-2. El terreno base del terraplén deberá ser preparado de acuerdo con el capítulo de preparación del terreno descrito anteriormente.

Tabla 12-2. Requisito de los materiales para Terraplenes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Fuente: INVIAS, 2012.

La conformación del terraplén deberá realizarse en capas de máximo 20 cm de espesor, compactadas a un 95% del Proctor modificado en condiciones de humedad optima y densidad seca máxima.

En la base del terraplén, se debe emplear un geotextil de separación no tejido referencia NT-2500 a NT-700 de acuerdo con el diseño de vías y pavimentos definitivo del proyecto.

Los terraplenes deberán construirse en alturas máximas de 2m, con caras de taludes tendidos en pendientes 1,0:H:1,0V.

12.7. MANEJO DE AGUAS

12.7.1. SUB-DRENES DE ZANJA

Para evitar estos empozamientos en zonas planas, se deberá drenar el lote mediante la construcción de sub-drenes de acuerdo con las especificaciones contenidas en la Figura 12-1. Estos drenes, en principio, serán instalados en las zonas que necesitan ser drenadas y deberán constar con pendientes entre el 1 a 2%, descargando hacía cajas de desagües o colectores del proyecto.



Figura 12-1. Sistema de drenes por debajo del piso.
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

12.7.2. SUB-DREN EN MUROS DE CONTENCIÓN

Los muros de contención que se construyan en el proyecto deberán constar con un sub-dren en la base de su trasdós, el cual consta de una tubería perforada embebida en un "tabaco" de material granular, envuelto por un manto o geotextil no tejido. El subdren tubular, a su vez, conecta con un geodren planar que se extiende desde la pata hasta el extermo superior del muro de contención, en su cara anterior, tal como se ilustra en el esquema contenido en la Figura 12-2.

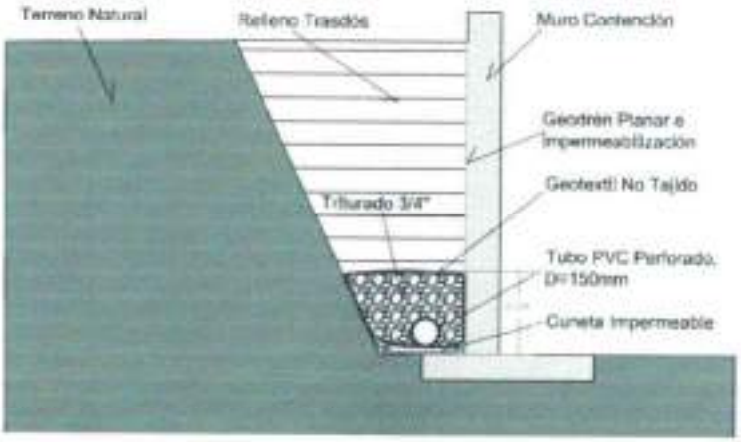


Figura 12-2. Esquema sub-dren trasdós muro de contención
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

12.7.3. DRENES PARA AGUAS SUPERFICIALES TIPO CUNETA

En la corona y en la pata de los taludes, y en las zonas que considere el proyecto, se podrá construir rondas de cunetas que intercepten y recojan las aguas de escorrentías que atraviesan el lote, con las especificaciones mínimas contenidas en el esquema de la Figura 12-3.

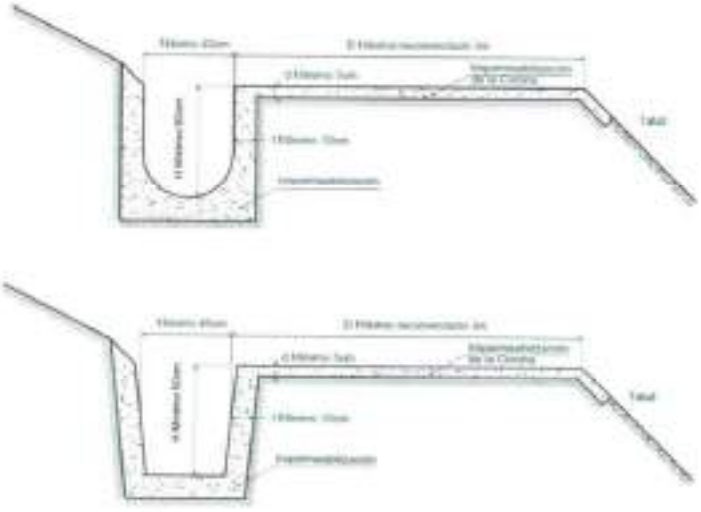


Figura 12-3. Detalle de zanjas de la corona para el control de las aguas superficiales en un talud
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

Todos los drenes y/o sub-drenes deberán descargar el agua recogida hacia las cajas de desagüe que se proyecten dentro del proyecto y nunca podrán descargarse de manera libre sobre el terreno.

12.7.4. SUB-DRENES DE PENETRACIÓN

En los taludes conformados con rellenos, se recomienda la construcción de drenes sub-horizontales en la cara del talud, localizados a 0.5m por encima de la pata, inclinados con una pendiente del 10% en contrapendiente y con longitud variable entre 6 y 20 m dentro del terreno según la necesidad de la obra (ver Figura 12-4). La construcción de estos drenes deberá cumplir con las especificaciones descritas en el artículo 674-13 de la norma INVIAS 2013.



Figura 12-4. Esquema sub-dren de penetración en talud de lleno
Fuente: DYCO S.A.S., 2025.

13. MANTENIMIENTO

Esta etapa se presenta posterior a la construcción de la estructura de pavimento y se ejecuta desde la entrada en operación.

Cabe aclarar que, a la firma consultora que emitió este informe y desarrolló el diseño del pavimento no le corresponde ejecutar esta etapa ni acompañar la misma a pesar de que se emitan las recomendaciones y consideraciones para la llevarla a cabo. Dicha responsabilidad recaerá sobre el ejecutante del contrato de mantenimiento de la vía.

De manera general, se deberán llevar a cabo las correspondientes actividades de limpieza, conservación, reparación y reconstrucción de la estructura de pavimento que se requieran para mantener la calzada en buen estado y garantizar su correcto funcionamiento, primando la comodidad y seguridad del usuario.

De manera específica, las intervenciones de mantenimiento pueden llegar a incluir actividades como limpiezas de rutina de bermas, derecho de vía, señalización vertical y horizontal, sistemas de manejo de aguas, además, en la estructura de pavimento se podría llegar a requerir acciones de sellado de juntas y fisuras y reparaciones superficiales o profundas de la losa de concreto.

Teniendo en cuenta que pueden ocurrir una gran diversidad de eventos aleatorios, se recomienda que la frecuencia de las intervenciones se encuentre supeditada a un proceso de observación del estado de la vía.

En cuanto al pavimento se puede presentar deterioro en todos los elementos que lo componen o presentarse irregularidades en algunos de ellos. Cada tipo de deterioro puede ser generado por una o más razones y las respectivas reparaciones se deben ejecutar buscando eliminar el factor que lo produce y que la estructura de pavimento recupere sus buenas condiciones iniciales de funcionalidad.

Las reparaciones menores deberán llevarse a cabo sin realizar un análisis engorroso sobre la problemática y/o posible solución, sin embargo, cuando las reparaciones involucren grandes áreas o se proyecte la utilización de una gran cantidad de recursos, se recomienda desarrollar un análisis detallado de la patología.

A continuación, se enlistarán dichos fenómenos y se presentarán recomendaciones sobre acciones correctivas.

13.1. DETERIORO EN JUNTAS

Se puede llegar identificar deficiencia en el sellado de estas, presentarse descantillado de los bordes de losa o desplazamientos que generen la separación entre módulos.

Previamente, se deberá identificar la magnitud del ancho de las juntas que presenten deficiencia en su sellado. A continuación, se presentan los rangos de ancho de las juntas y las características del material de sello.

- Juntas de hasta 12 mm, se deberán emplear productos de sellado que permitan una deformación entre el 20% y 30%. Los imprimantes y cordones de respaldo serán los adecuados y compatibles con el sellante.
- Juntas entre 12 mm y 20 mm, se deberán emplear productos de sellado termoplásticos, aplicados en caliente que permitan una deformación entre el 10% y 20%. Los imprimantes y cordones de respaldo serán los adecuados y compatibles con el sellante.
- Juntas y grietas entre 20 mm y 30 mm, se deberán emplear productos de sellado tipo masillas asfálticas, modificadas con polímero.
- Juntas y grietas con ancho superior a 30 mm, se deberán emplear mezclas de arena y emulsión asfáltica, con una dosis mínima del 18% de emulsión.

En todos los casos, se deberá ejecutar un proceso de limpieza en toda su longitud y profundidad, empleando hojas de sierra, herramientas manuales o cualquier equipo que se requiera para la remoción del anterior sello o cualquier impureza para posteriormente llevar a cabo la imprimación y el sellado.

13.2. DETERIORO EN LOSAS

Las losas pueden llegar a presentar deterioro en superficie o en su espesor total, dependiendo del fenómeno que se presente, se determinarán las acciones que deberán ser llevadas a cabo para la reparación.

Para el caso de deterioros superficiales, se deberá remover la porción afectada por medio de aserrado y cincelado, haciendo previamente un corte con sierra. Luego se procede con el vaciado, disposición, fraguado y curado del concreto de reemplazo.

Para reparaciones profundas o totales, se deberá aislar la porción afectada y luego izar dicho elemento con cargadores frontales o grúas, se realiza la respectiva limpieza del fondo y se procede con las actividades habituales de colocación de concretos.

14. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

14.1. GENERALES

Mientras existan requerimientos, claridades o insumos faltantes de diseño de geotecnia, geología u otras disciplinas, mencionadas en el informe o transmitidas vía correo electrónico o cualquier otro medio digital o físico al cliente o al delegado por él, el presente informe no podrá ser tomado como definitivo y deberá ser considerado como un borrador de un estudio de suelos preliminar, no avalado por esta oficina.

Este documento solo es válido con la presencia de las firmas y sello en relieve en hoja de portada y pie de firma al final del informe.

Antes de iniciar la construcción y durante la ejecución del proyecto, se debe vincular en todo momento al ingeniero geotecnista, con una participación mediante visitas técnicas, aprobaciones de fundaciones, aprobaciones de cortes y/o llenos, aprobaciones de aspectos y procedimientos constructivos que estén asociados al diseño geotécnico. Esta participación será levantada mediante actas de visita y/o correos electrónicos. El acompañamiento deberá cotizarse en su debido momento con esta oficina y ser solicitado de manera oportuna.

14.2. CIMENTACIONES Y CONTENCIONES

• El suelo en la base de las cimentaciones deberá ser aprobado por el ingeniero geotecnista que aparece en el pie de firma antes del vaciado de esta y deberá coincidir con el recomendado en el presente estudio de suelos. En caso de encontrarse diferencias a las hipótesis de diseño aquí planteadas, se deberá suspender la construcción de las fundaciones y se deberá informar inmediatamente a esta oficina para hacer las revisiones o ajustes respectivos.

• No atender las recomendaciones de instrumentación y control contenidas en el estudio, exime de responsabilidad a esta oficina frente a la ocurrencia de eventos adversos.

• Es posible que el perfil de suelos presente variaciones estratigráficas con relación a las descritas en el presente informe debido a la naturaleza heterogénea propia de los suelos, razón por la cual, en caso de presentarse el estrato portante a una profundidad superior, se deberá alcanzar el mismo para cimentar la fundación diseñada sin que esto represente errores u omisiones en el informe geotécnico.

• Es posible que el perfil de suelos presente variaciones estratigráficas con relación a las descritas en el presente informe debido a la naturaleza heterogénea propia de los suelos, razón por la cual, en caso de presentarse comportamientos no previstos en estabilidad de taludes y contenciones, se deberá informar de manera oportuna a esta oficina para realizar los ajustes pertinentes sin que eso represente errores u omisiones en el informe geotécnico.

• Es posible que el perfil de suelos presente variaciones estratigráficas con relación a las descritas en el presente informe debido a la naturaleza heterogénea propia de los suelos, razón por la cual, en caso de presentarse comportamientos no previstos en términos de deformaciones en excavaciones y asentamientos en la estructura, se deberá informar de manera oportuna a esta oficina para realizar los ajustes pertinentes sin que eso represente errores u omisiones en el informe geotécnico.

15. BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA AIS. (2010). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10.

AASTHO (2012). Design Specifications. Customary U.S.

BUDHU, M. (2010). Soil mechanics and foundations, 3th Edition. John Wiley & sons, Inc.2010.

DAS, B. M. (2011). Principles of foundations engineering, 7th Edition. Cenage Learning, Inc.2011.

BOWLES, J. E. (1997). Foundation Analisys and Desing, 5th Edition. McGraw-Hill Companies, Inc.1997.

DAS, B. M. Principios de Ingeniería de Cimentaciones. CENGAGE Learning, 7ª Ed, USA, 2011.

GONZÁLEZ, A. J. (1999). Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT. X jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana.

INVIAS (2008) Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Carlos Mario Henao Yepes
Ingeniero civil, Especialista en ingeniería – geotecnia
MP: 05202-375570 ANT

CÁLCULO DE LOS EJERS EQUIVALENTES - ESAL

Carrera 23c

PERIODO DE DISEÑO		18 AÑOS
Tasa de Crecimiento por Región en %		
r_{vp} =	1,10	Tasa de Crecimiento Anual de la Población (vehículos de pasajeros)
r_{vc} =	2,00	Tasa de Crecimiento Anual del PBI Region (vehículos de carga)

FUERZA DE PRESIÓN (Fb)	1
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	1
FACTOR CARRIL (Fc)	1

TRÁFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO		
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automovil	253	23,47
Camioneta	125	11,60
Motos	670	62,15
Micro	7	0,65
Bus Grande	5	0,46
Camión 2E	18	1,67
Camión 3E	0	0,00
Camión 4E	0	0,00
Semi Trayler 2S1 /2S2	0	0,00
Semi Trayler 2S3	0	0,00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0,00
Semi Trayler ≥3S3	0	0,00
Trayler 2T2	0	0,00
Trayler 2T3	0	0,00
Trayler 3T2	0	0,00
Trayler ≥3T3	0	0,00
	1078	100,00

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
		1RO	2DO	3RO
Bus Grande	7	16		
2E	7	11		
3E	7	18		
4E	7	23		
2S1 /2S2	7	11	18	
2S3	7	11	25	
3S1 /3S2	7	18	18	
≥3S3	7	18	25	
2T2	7	11	11	11
2T3	7	11	11	18
3T2	7	18	11	11
≥3T3	7	18	11	18

FACTORES DE EQUIVALENCIA O DAÑO					
	EJE DELANTE	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			
		1	2	3	Fvp.
Bus Grande	1,27	2,34			3,62
2E	1,27	3,33			4,61
3E	1,27	3,46			4,73
4E	1,27	3,69			4,96
2S1 /2S2	1,27	3,33	3,46		8,07
2S3	1,27	3,33	4,16		8,77
3S1 /3S2	1,27	3,46	3,46		8,19
≥3S3	1,27	3,46	4,16		8,90
2T2	1,27	3,33	3,33	3,33	11,28
2T3	1,27	3,33	3,33	3,46	11,40
3T2	1,27	3,46	3,33	3,33	11,40
≥3T3	1,27	3,46	3,33	3,46	11,52

DEMANDA PROYECTADA

Para la proyecceió de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día

T_0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día

n = año futuro de proyecceión

r = tasa anual de crecimiento de tránsito

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehiculo	IMDpI	Distribución (%)
Automovil	279	23,44
Camioneta	138	11,58
C.R.	739	62,07
Micro	8	0,65
Bus Grande	6	0,46
Camión 2E	22	1,81
Camión 3E	0	0,00
Camión 4E	0	0,00
Semi Trayler 2S1 /2S2	0	0,00
Semi Trayler 2S3	0	0,00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0,00
Semi Trayler ≥3S3	0	0,00
Trayler 2T2	0	0,00
Trayler 2T3	0	0,00
Trayler 3T2	0	0,00
Trayler ≥3T3	0	0,00
	1191	100,00

FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:

$$= \frac{(1 + \quad) - 1}{}$$

Fca V. Ligeros=	10,51
Fca V. Pesados=	10,95

JES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCUL

(= * * * *

JES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCUL

Tipo de Vehículo	EEdía-carril	Distribución (%)
Bus Grande	20	16,75
Camión 2E	99	83,25
Camión 3E	0	0,00
Camión 4E	0	0,00
Semi Trayler 2S1 /2S2	0	0,00
Semi Trayler 2S3	0	0,00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0,00
Semi Trayler ≥3S3	0	0,00
Trayler 2T2	0	0,00
Trayler 2T3	0	0,00
Trayler 3T2	0	0,00
Trayler ≥3T3	0	0,00
IMD	119	100,00

NUMERO DE REPETICIONES DE EJES

Nrep de . = [(, • • 365)]

Nrep de . , = 475868 EE

CÁLCULO DE LOS EJERS EQUIVALENTES - ESAL

Vía de ingreso Horizontes

PERIODO DE DISEÑO		10 AÑOS
Tasa de Crecimiento por Región en %		
r_{vp} =	1,10	Tasa de Crecimiento Anual de la Población (vehículos de pasajeros)
r_{vc} =	2,00	Tasa de Crecimiento Anual del PBI Region (vehículos de carga)

FUERZA DE PRESIÓN (Fb)	1
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	1
FACTOR CARRIL (Fc)	1

TRÁFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO		
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automovil	115	19,04
Camioneta	88	14,57
Motos	342	56,62
Micro	6	0,99
Bus Grande	10	1,66
Camión 2E	43	7,12
Camión 3E	0	0,00
Camión 4E	0	0,00
Semi Trayler 2S1 /2S2	0	0,00
Semi Trayler 2S3	0	0,00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0,00
Semi Trayler ≥3S3	0	0,00
Trayler 2T2	0	0,00
Trayler 2T3	0	0,00
Trayler 3T2	0	0,00
Trayler ≥3T3	0	0,00
	604	100,00

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
		1RO	2DO	3RO
Bus Grande	7	16		
2E	7	11		
3E	7	18		
4E	7	23		
2S1 /2S2	7	11	18	
2S3	7	11	25	
3S1 /3S2	7	18	18	
≥3S3	7	18	25	
2T2	7	11	11	11
2T3	7	11	11	18
3T2	7	18	11	11
≥3T3	7	18	11	18

FACTORES DE EQUIVALENCIA O DAÑO					
	EJE DELANTE	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			
		1	2	3	Fvp.
Bus Grande	1,27	2,34			3,62
2E	1,27	3,33			4,61
3E	1,27	3,46			4,73
4E	1,27	3,69			4,96
2S1 /2S2	1,27	3,33	3,46		8,07
2S3	1,27	3,33	4,16		8,77
3S1 /3S2	1,27	3,46	3,46		8,19
≥3S3	1,27	3,46	4,16		8,90
2T2	1,27	3,33	3,33	3,33	11,28
2T3	1,27	3,33	3,33	3,46	11,40
3T2	1,27	3,46	3,33	3,33	11,40
≥3T3	1,27	3,46	3,33	3,46	11,52

DEMANDA PROYECTADA

Para la proyecció de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año n en vehículo por día

T_0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día

n = año futuro de proyección

r = tasa anual de crecimiento de tránsito

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehículo	IMDpi	Distribución (%)
Automovil	127	18,93
Camioneta	97	14,48
C.R.	377	56,29
Micro	7	0,99
Bus Grande	11	1,65
Camión 2E	51	7,67
Camión 3E	0	0,00
Camión 4E	0	0,00
Semi Trayler 2S1 /2S2	0	0,00
Semi Trayler 2S3	0	0,00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0,00
Semi Trayler ≥3S3	0	0,00
Trayler 2T2	0	0,00
Trayler 2T3	0	0,00
Trayler 3T2	0	0,00
Trayler ≥3T3	0	0,00
	670	100,00

FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:

$$= \frac{(1 + \quad) - 1}{\quad}$$

Fca V. Ligeros=	10,51
Fca V. Pesados=	10,95

JES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULA

(= * * * *

JES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCUL

Tipo de Vehículo	EEdía-carril	Distribución (%)
Bus Grande	40	14,42
Camión 2E	237	85,58
Camión 3E	0	0,00
Camión 4E	0	0,00
Semi Trayler 2S1 /2S2	0	0,00
Semi Trayler 2S3	0	0,00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0,00
Semi Trayler ≥3S3	0	0,00
Trayler 2T2	0	0,00
Trayler 2T3	0	0,00
Trayler 3T2	0	0,00
Trayler ≥3T3	0	0,00
IMD	277	100,00

NUMERO DE REPETICIONES DE EJES

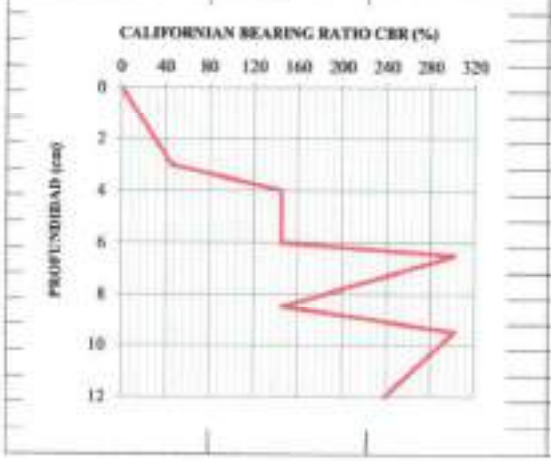
Nrep de . = [(, • •365)]

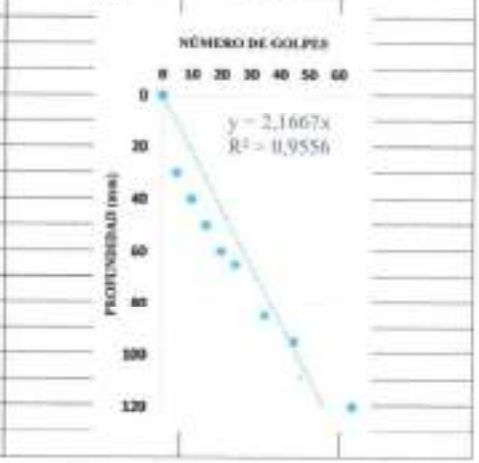
Nrep de , = 1105792 EE

PENETROMETRO DINAMICO DE CONO

Cono Dinámico #: 1

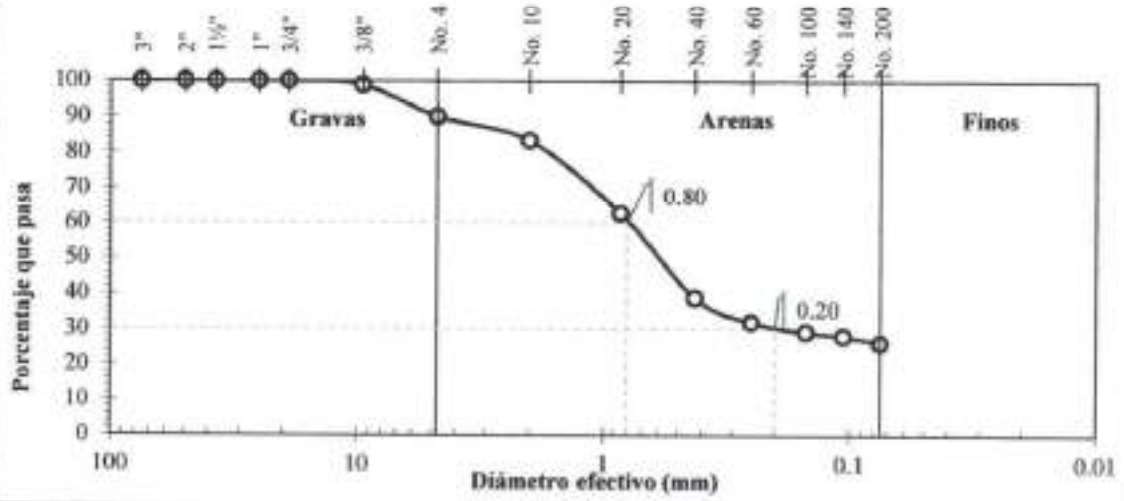
Nº de Golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración por avance (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC	CBR %
0	0				
5	30	30	6	6	46,4
5	40	10	2	2	145,2
5	50	10	2	2	145,2
5	60	10	2	2	145,2
5	64	5	1	1	302,0
10	88	20	2	2	145,2
10	98	10	1	1	302,0
20	120	25	1	1	239,5
Indice PDC global	2,1667		CBR (%)	133,4	



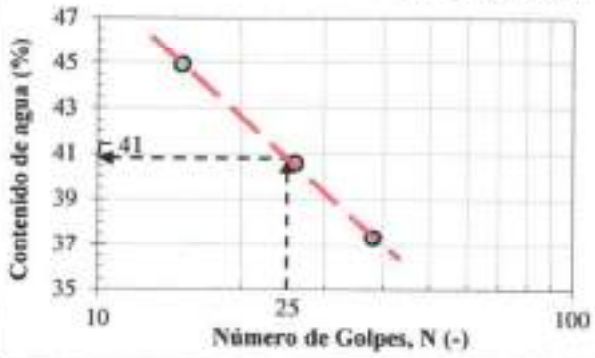


Laboratorio de Geotecnia
Cr. 81A 47-73, Medellín, Colombia
Tel: +57(4) 590 1934 / 315 467 9935
gerencia@lab3axial.com
www.lab3axial.com

Curva Granulométrica



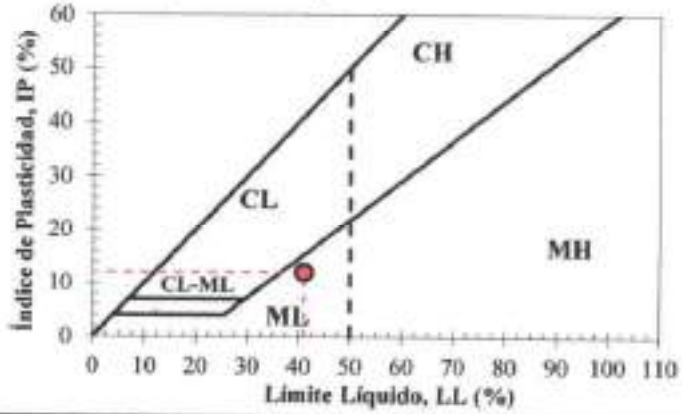
Curva de Flujo (Límite Líquido)



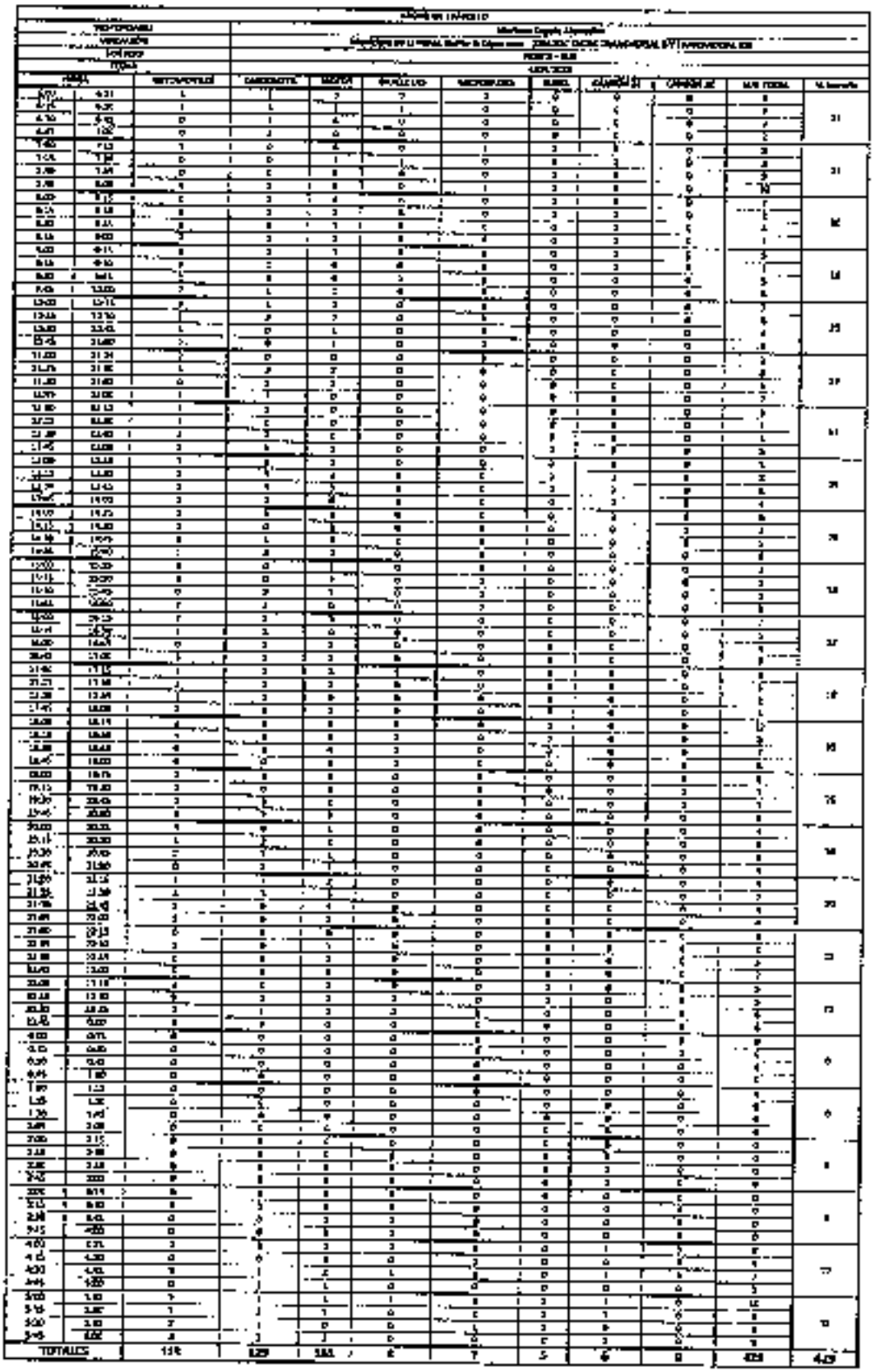
Regresión Lineal
Pendiente = -8.14
Intercepto = 67.02
Coef. de determinación, R^2 = 0.999
Límite Líquido, LL = 41

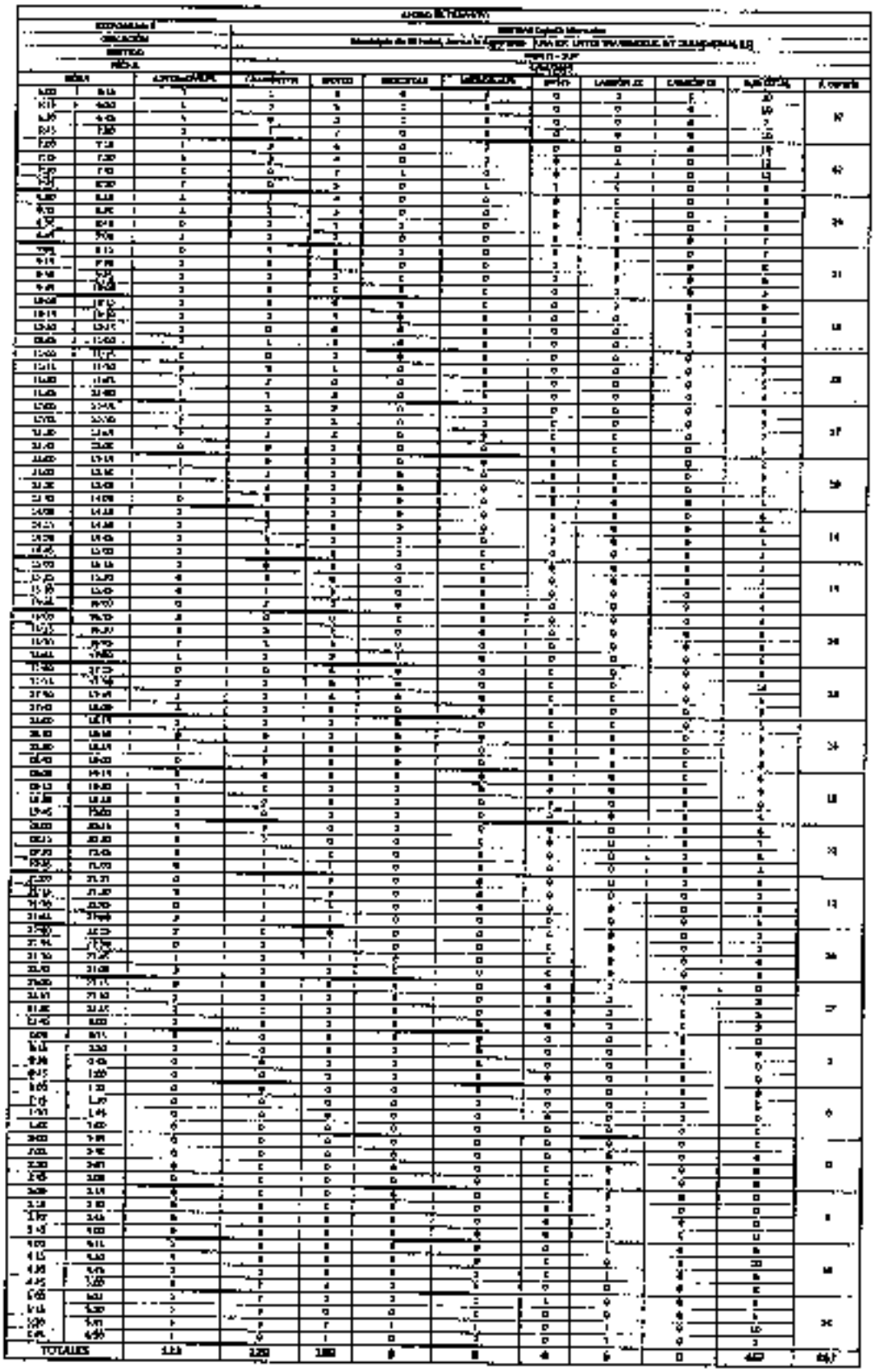
Carta de Plasticidad (Fracción Fina)

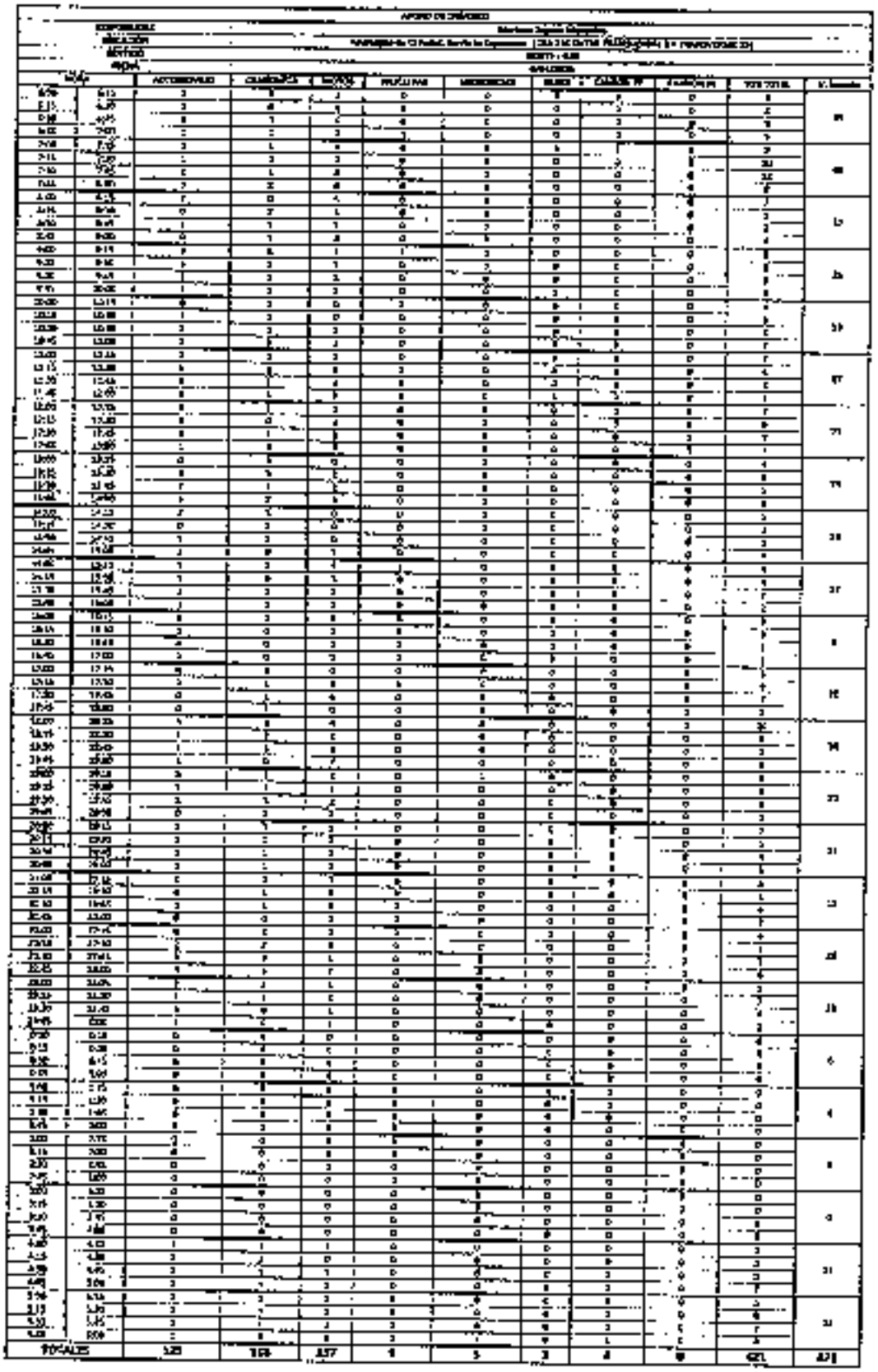
Límite Líquido, LL = 41
Límite Plástico, LP = 29
Índice de Plasticidad, IP = 12

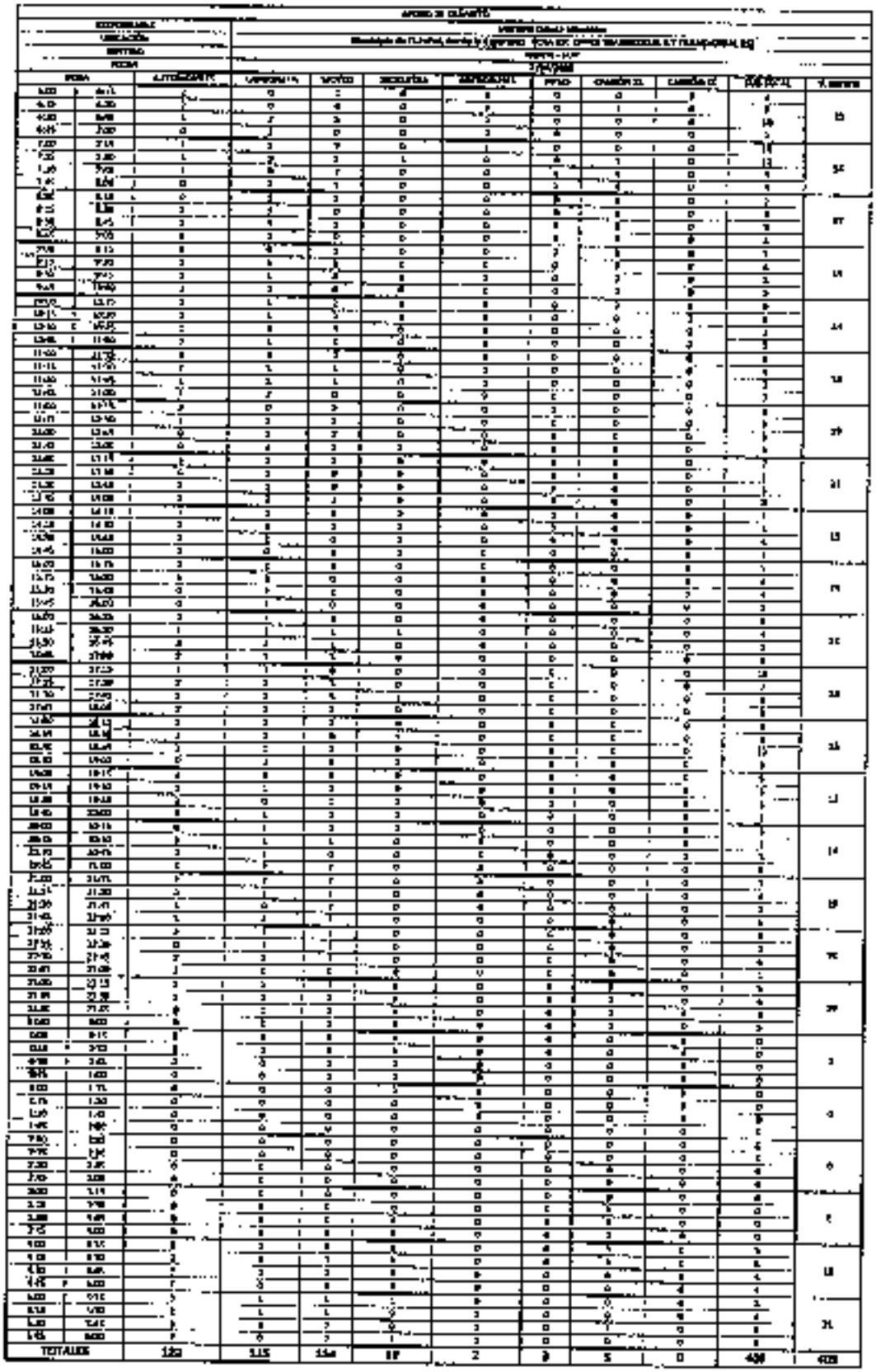


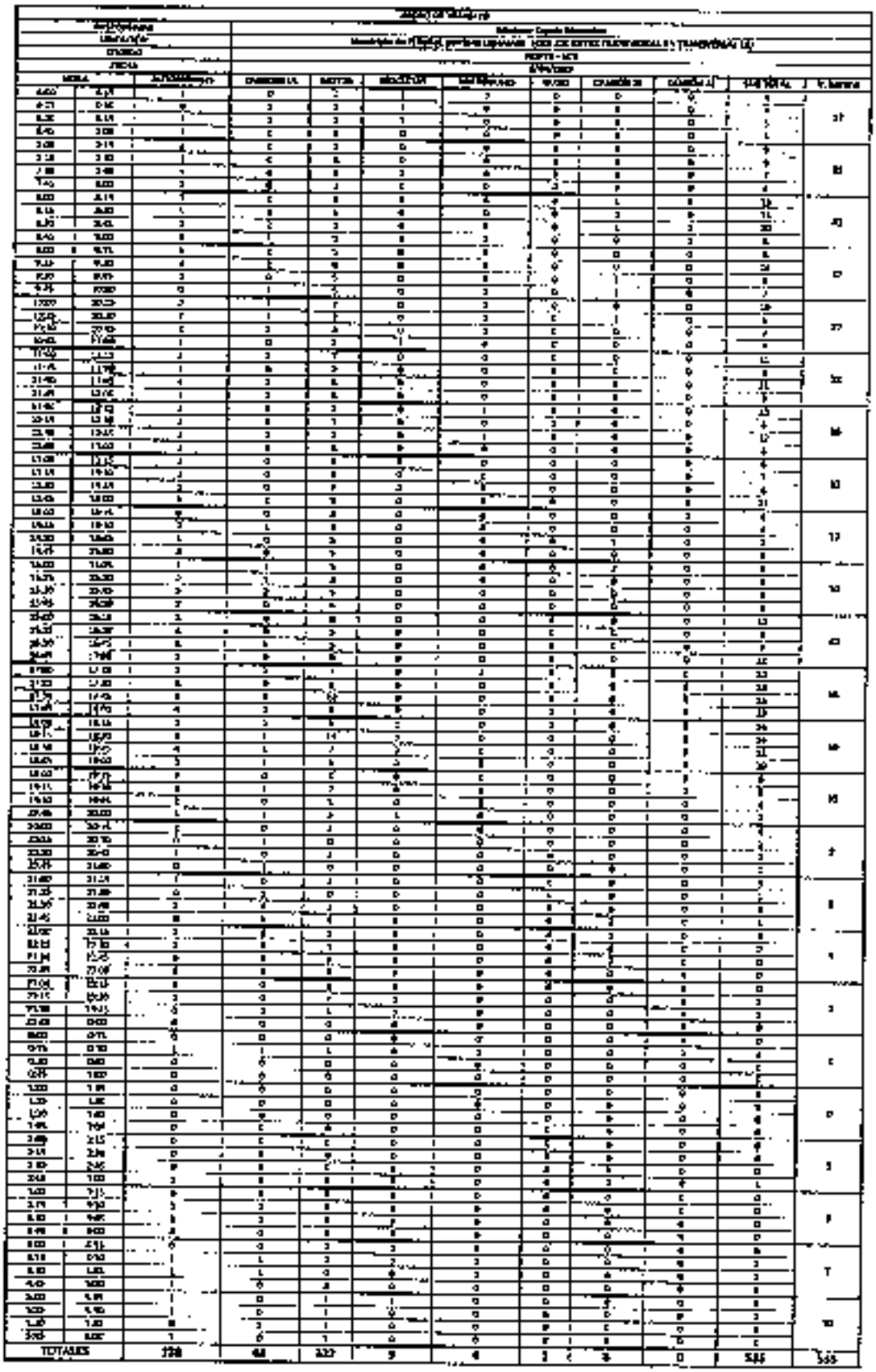
Notas y Comentarios:

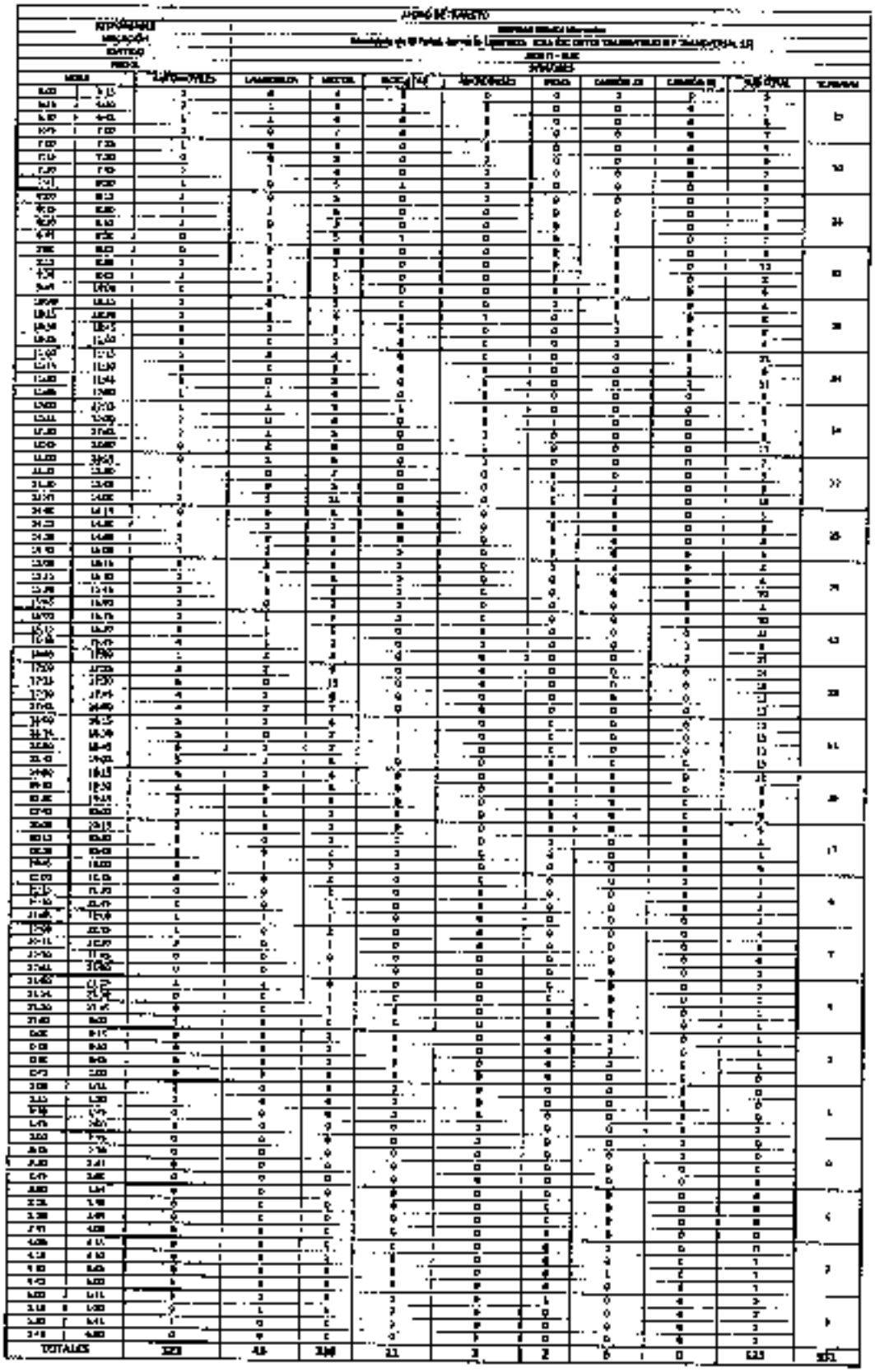


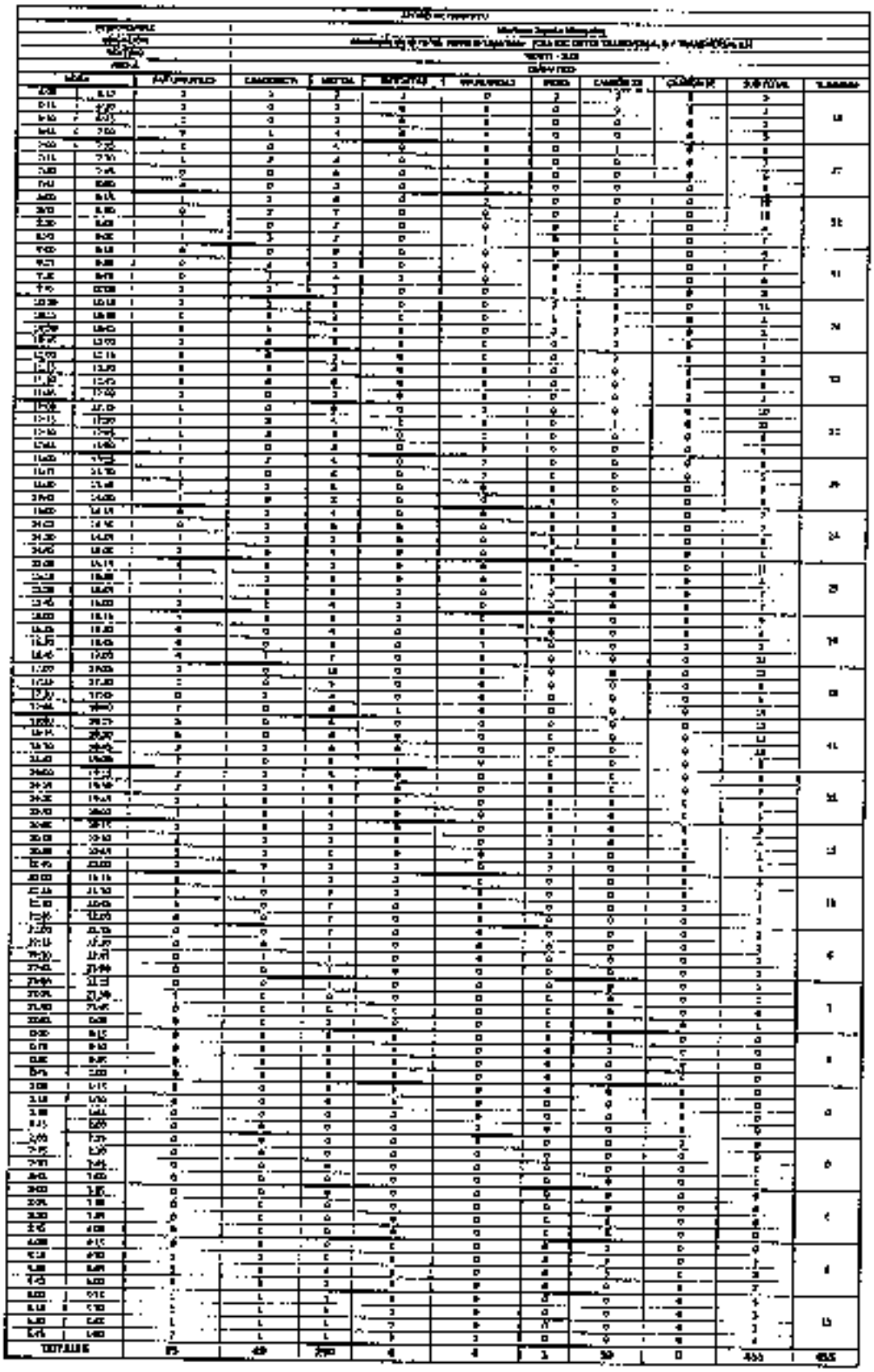


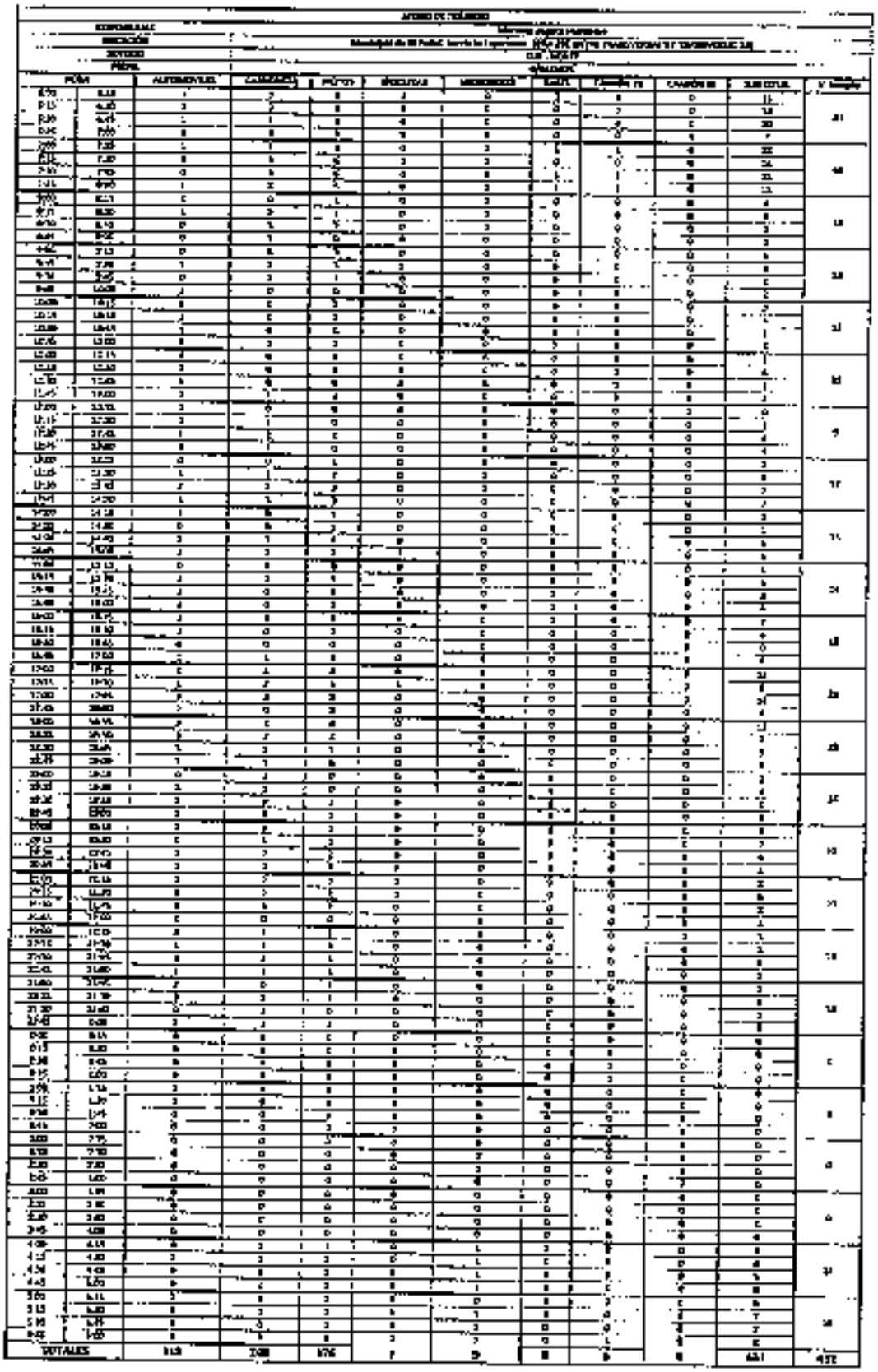


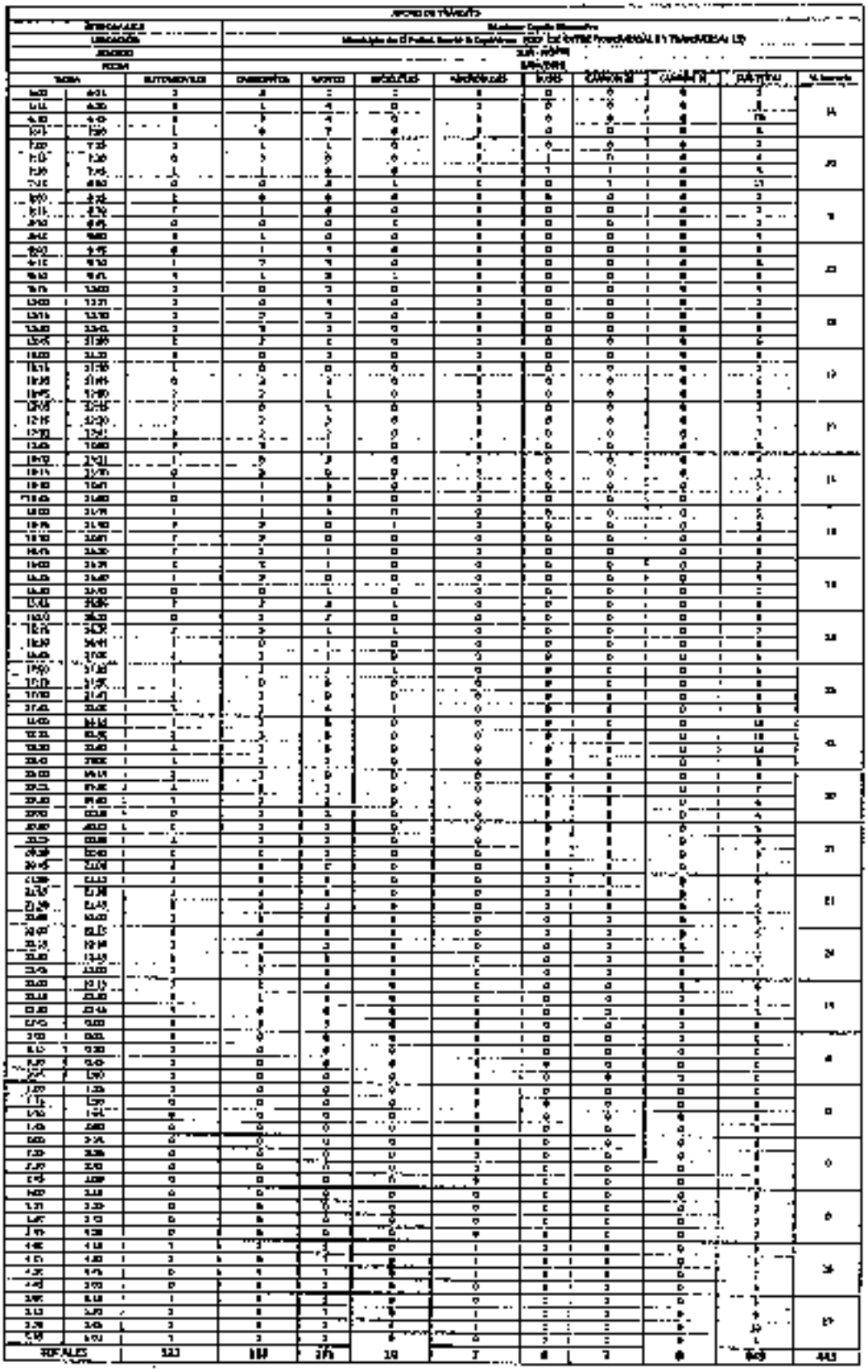


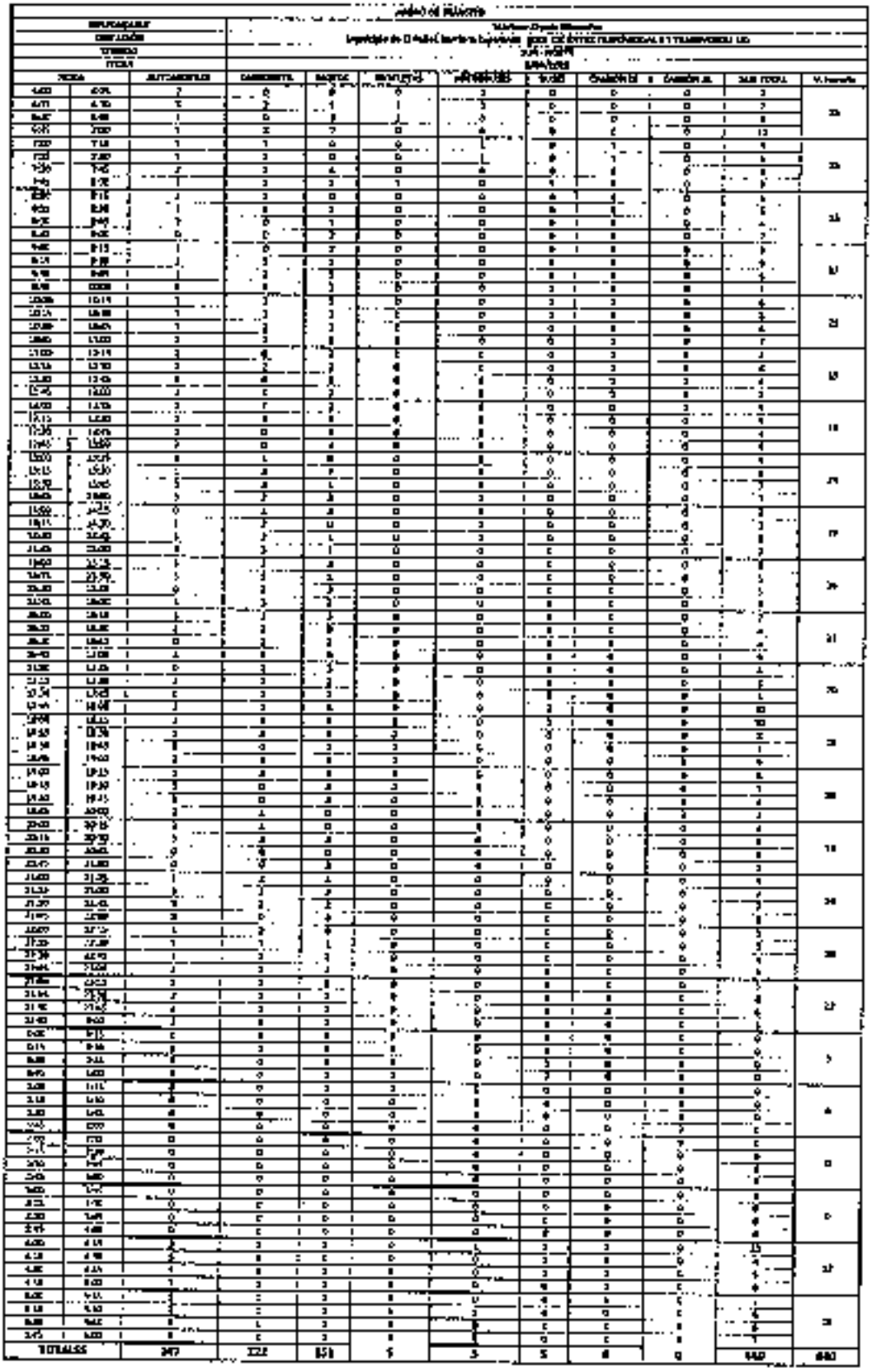


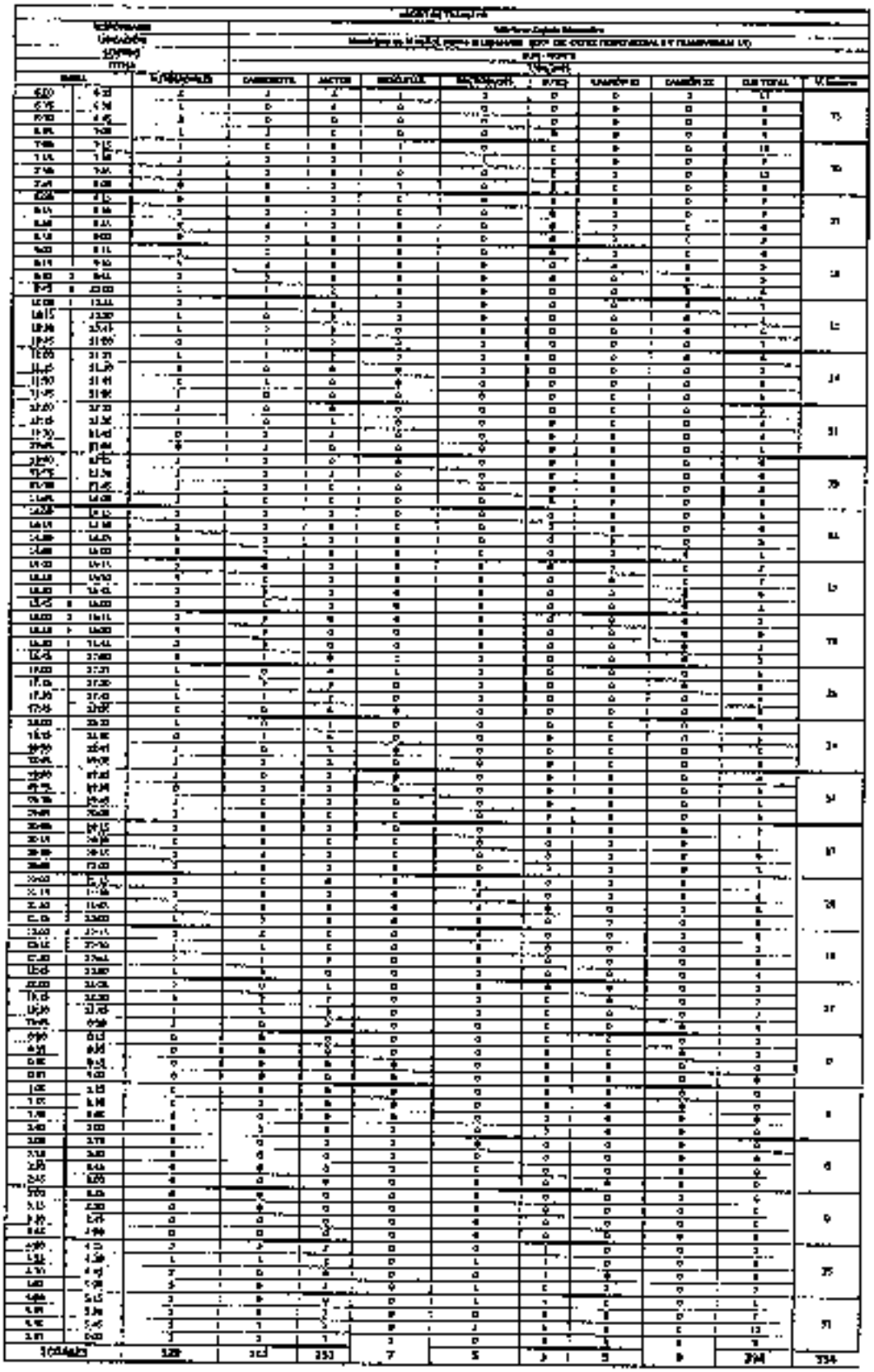


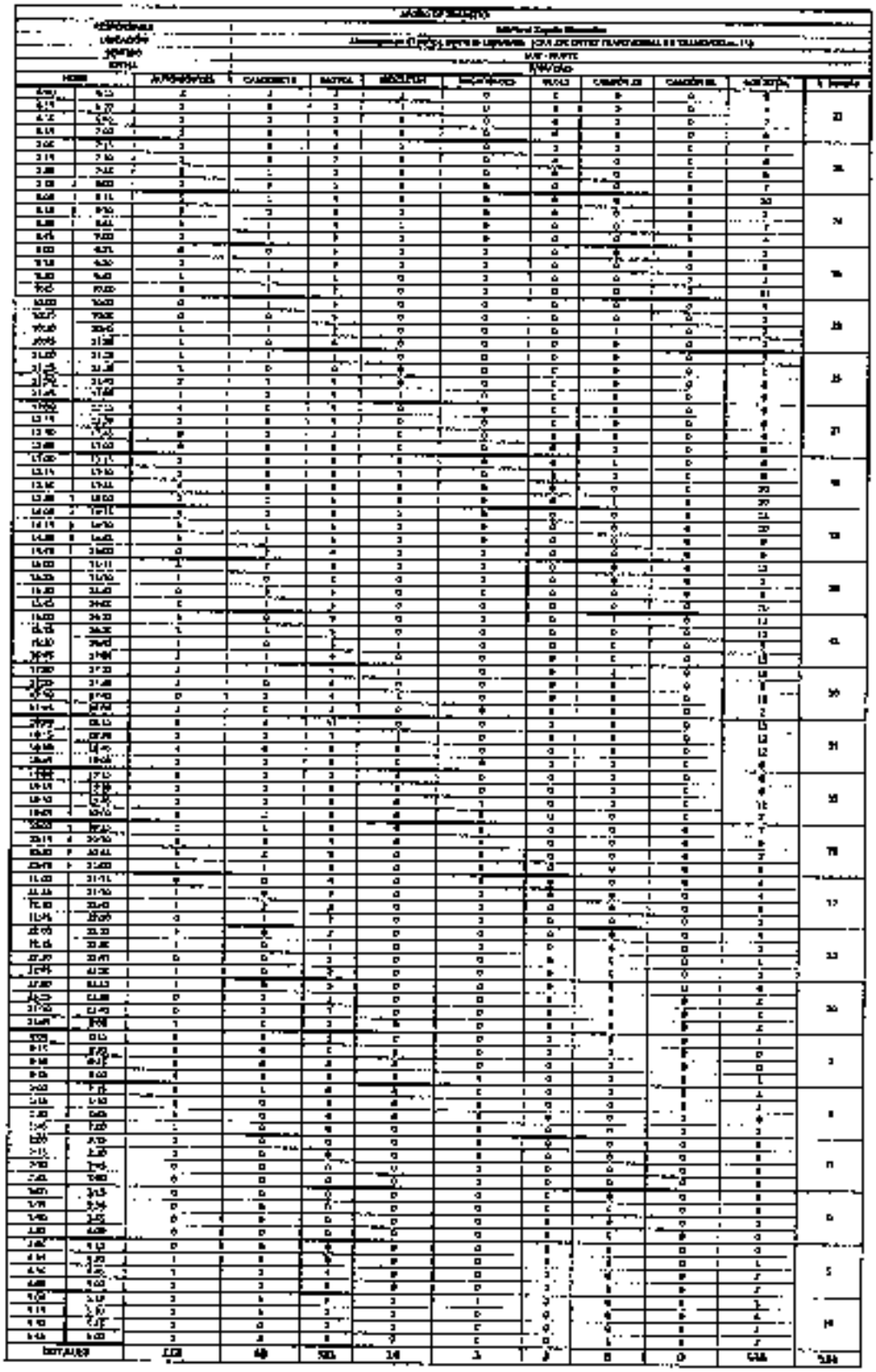


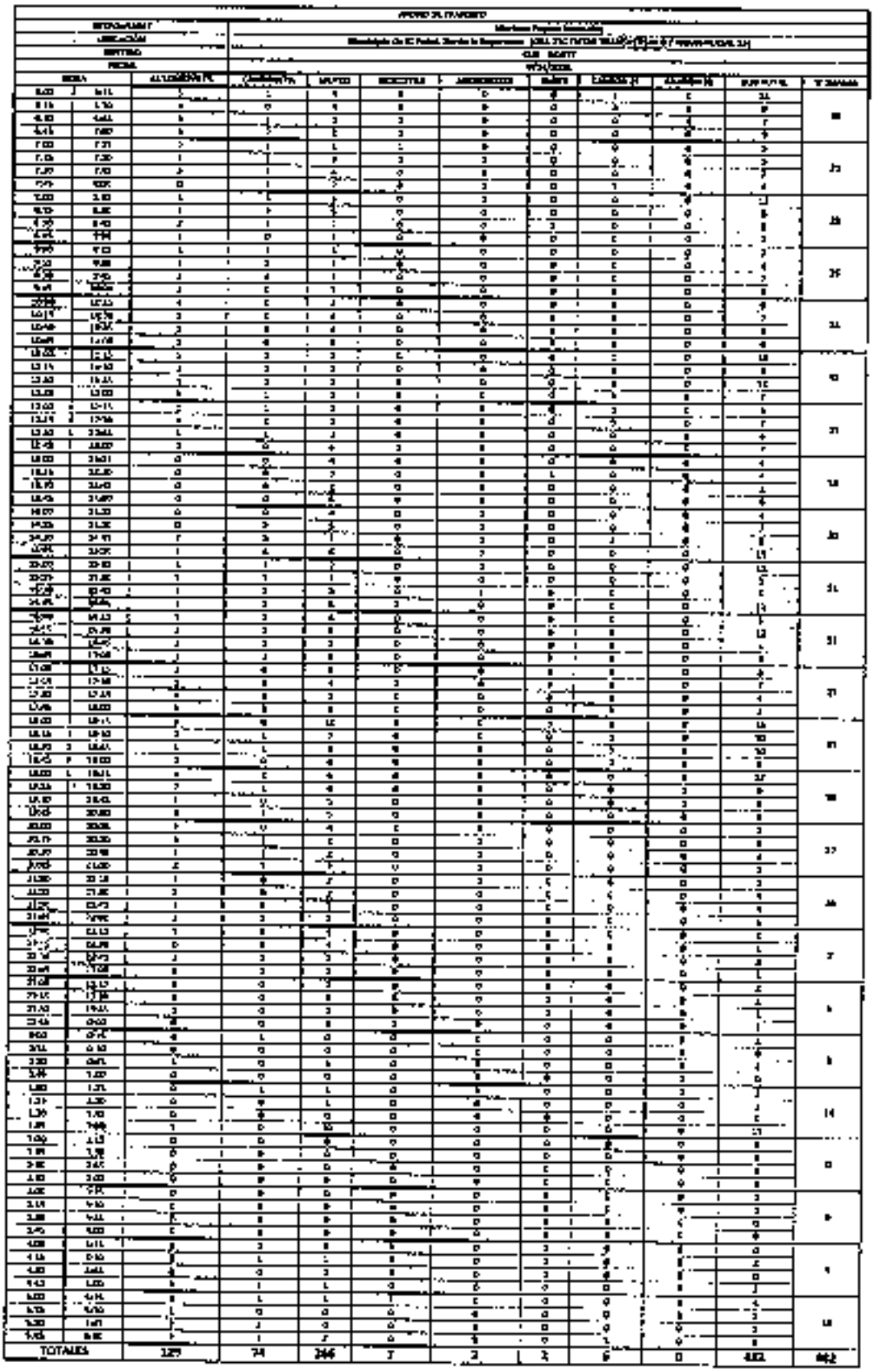


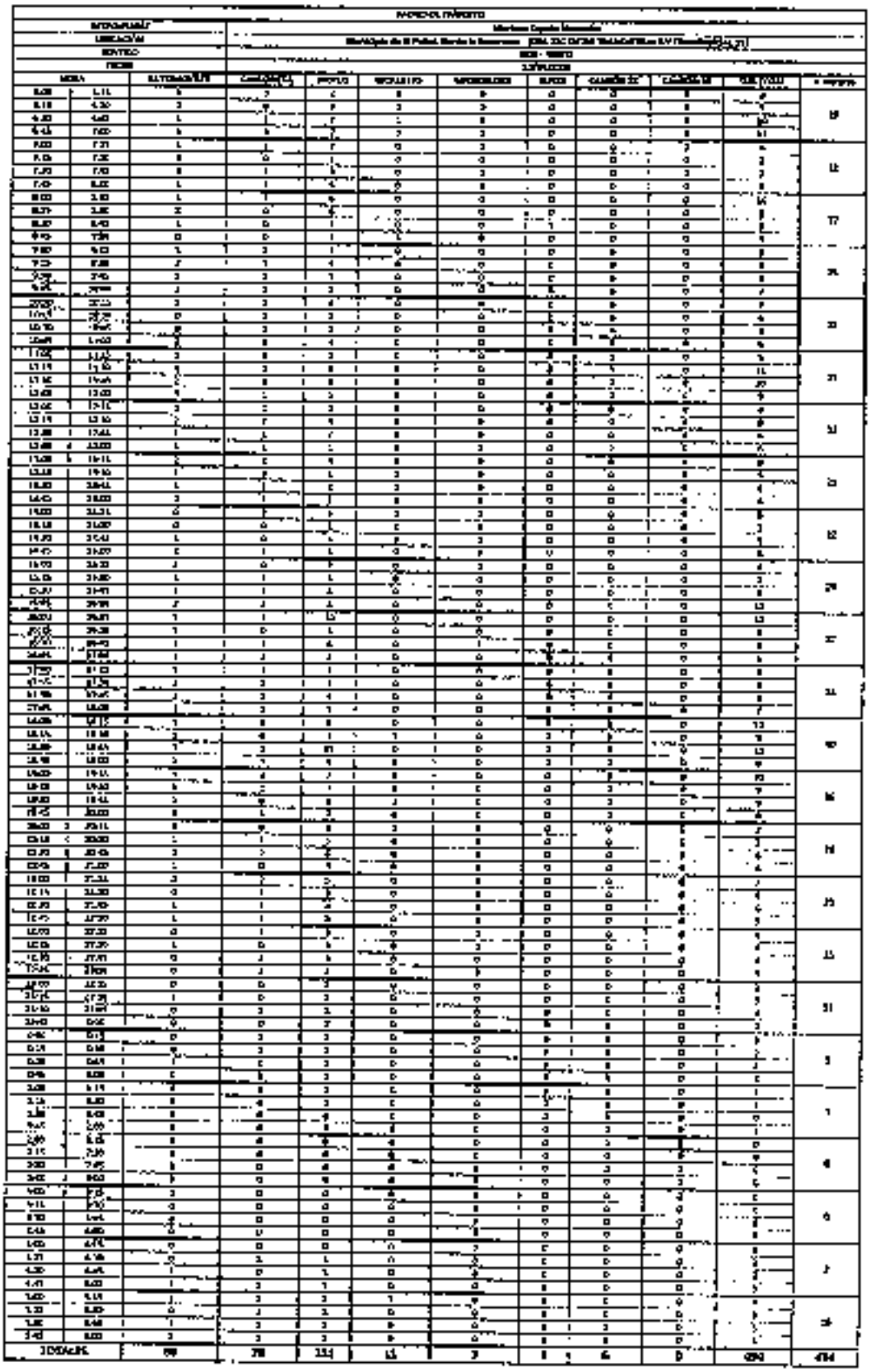


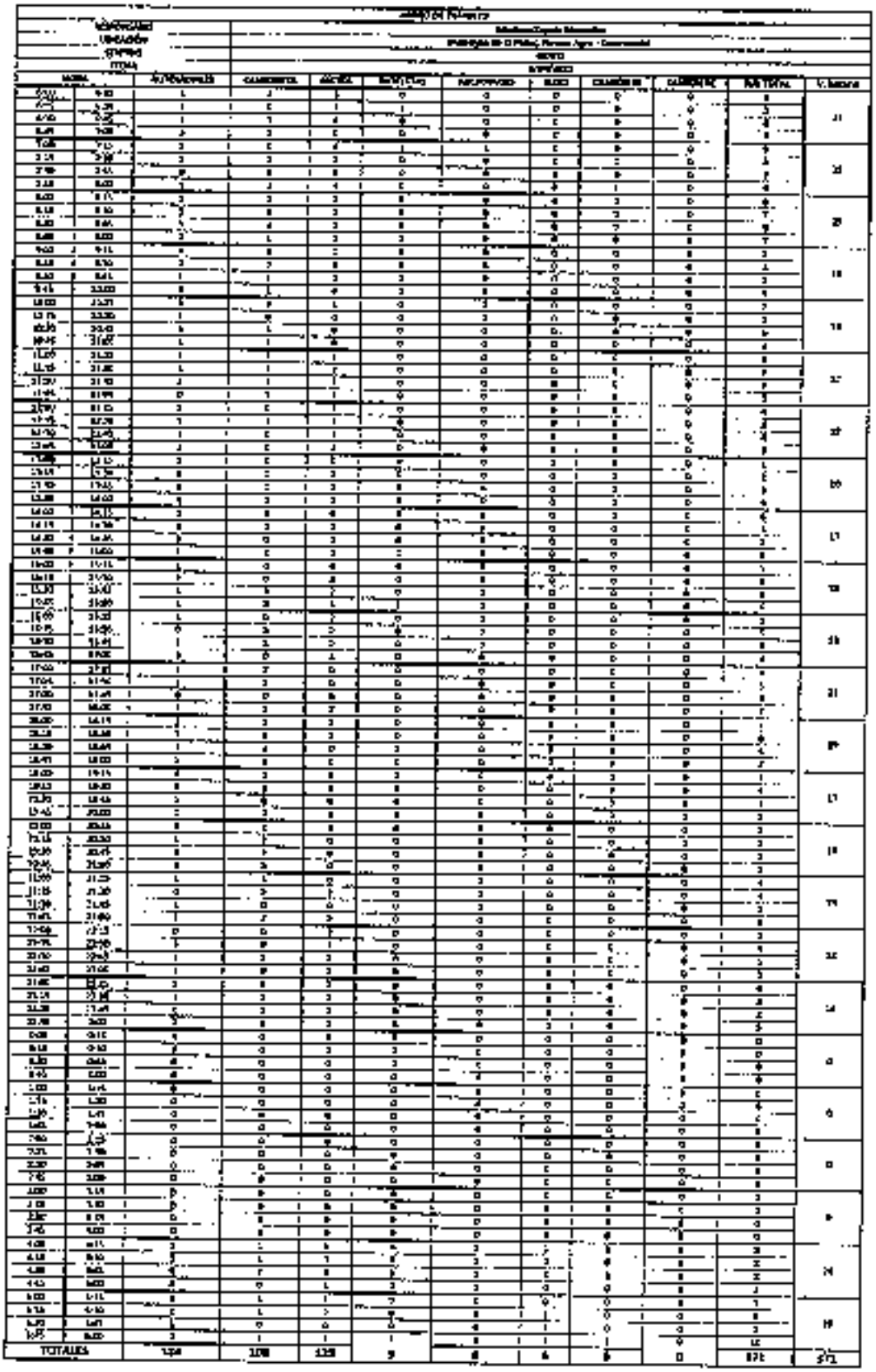


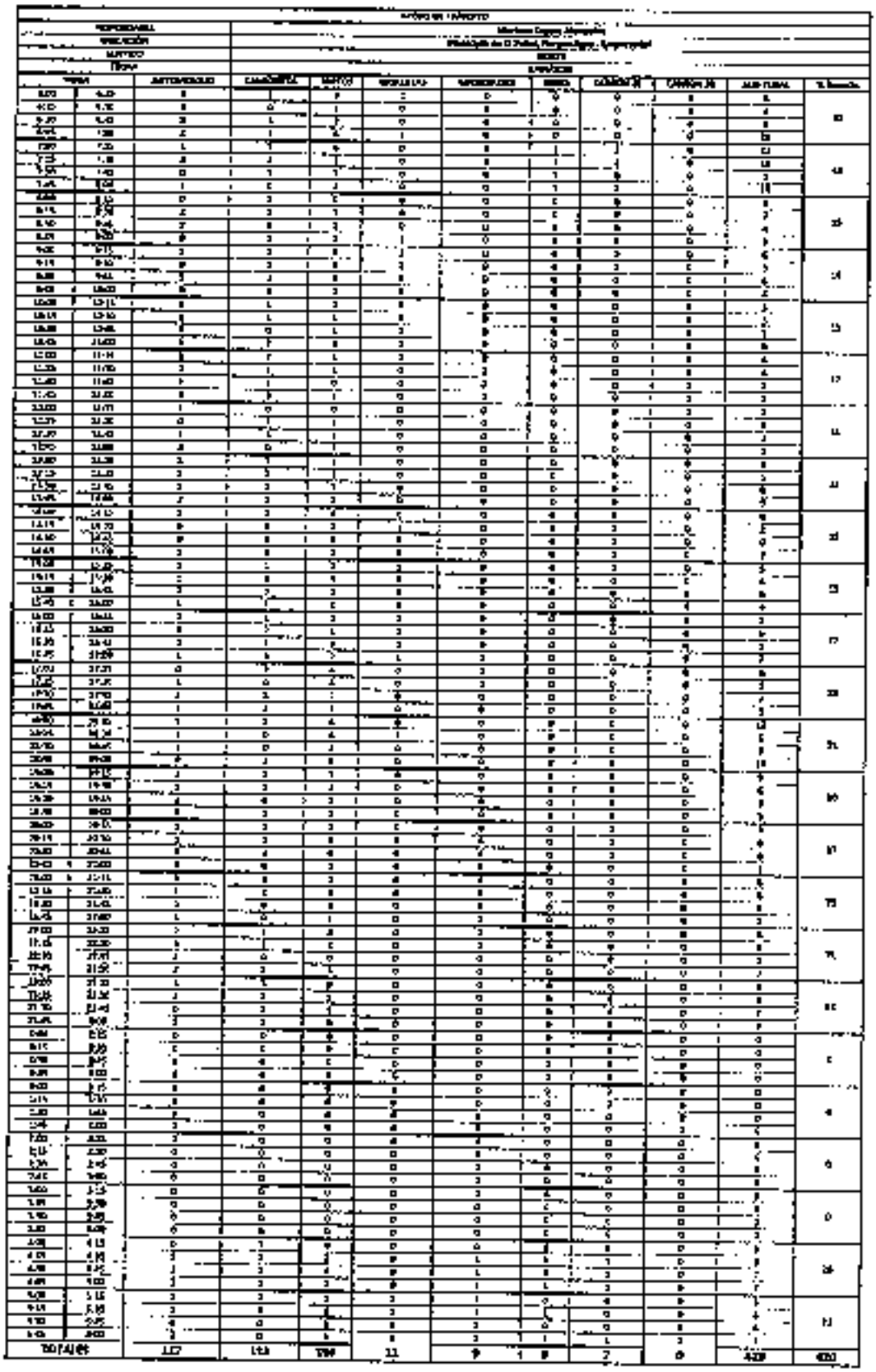


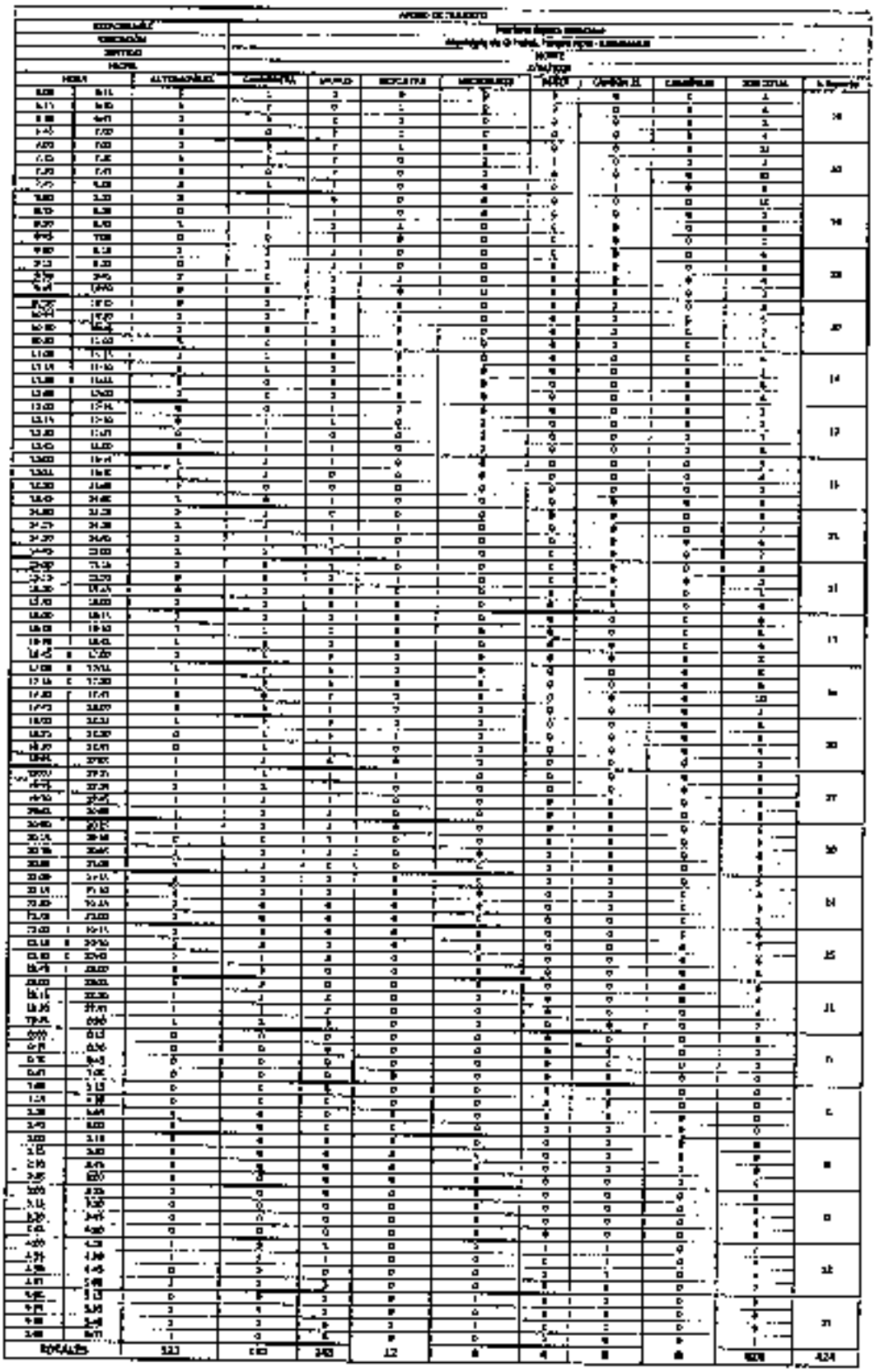


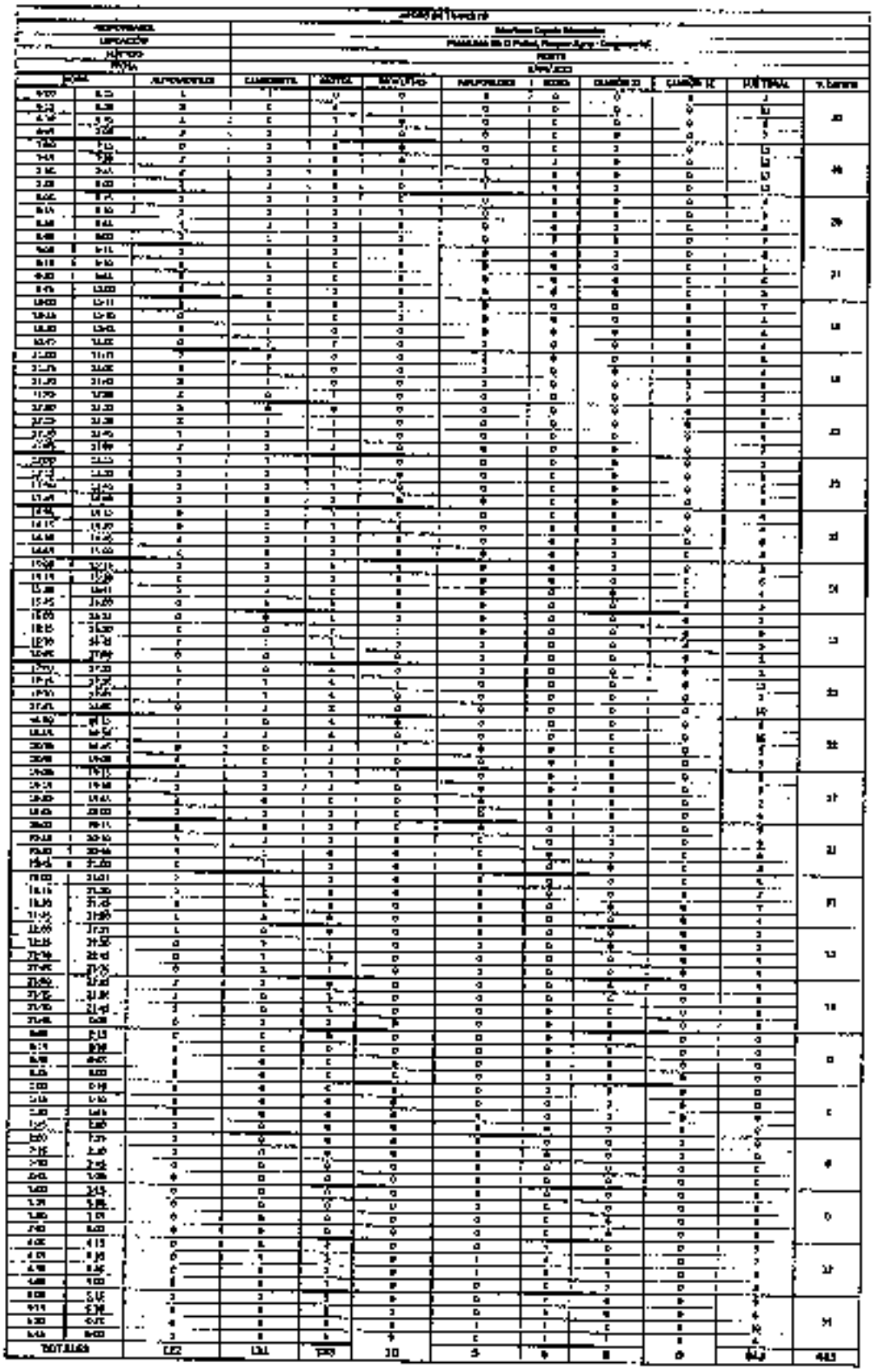


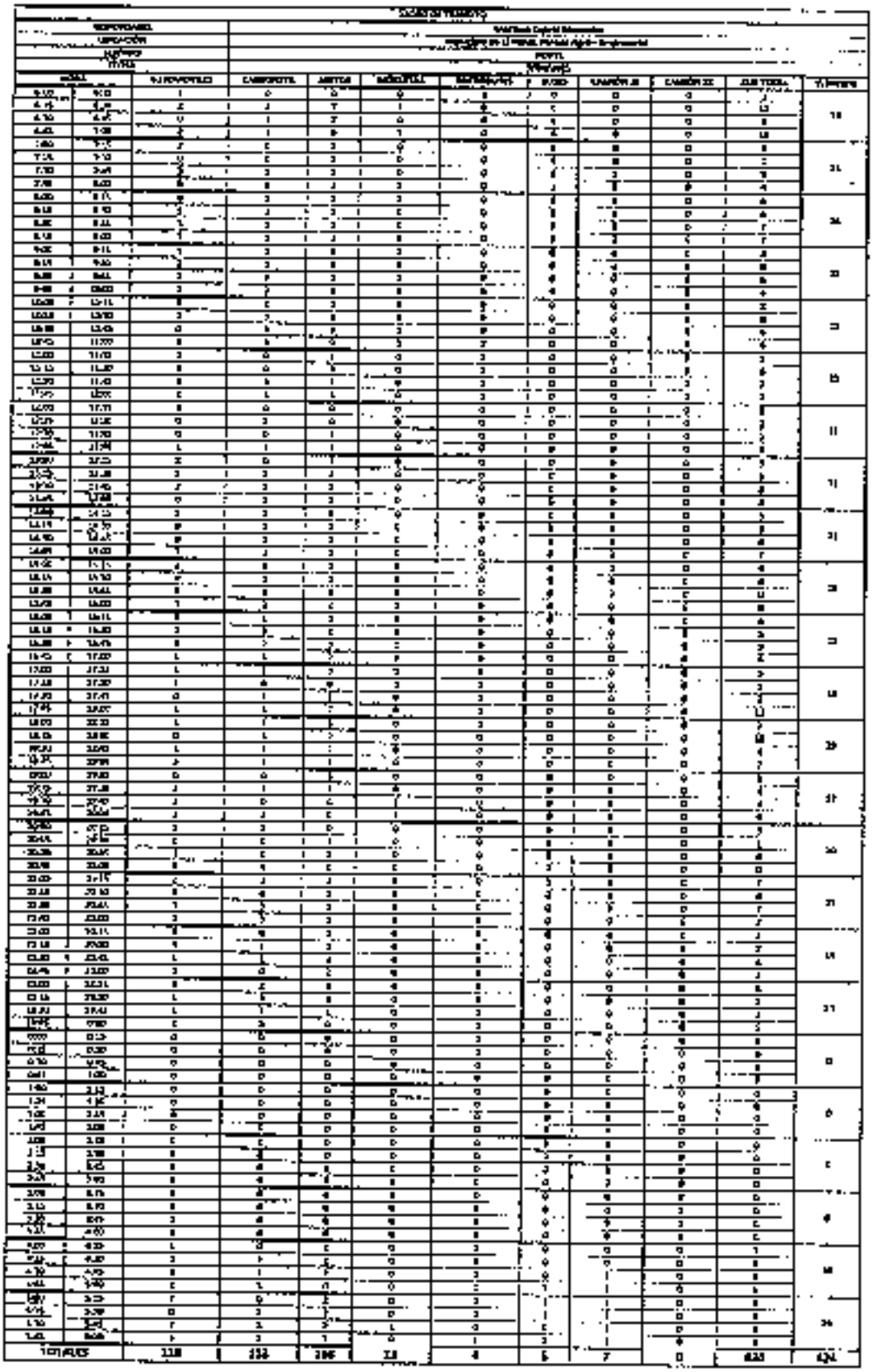


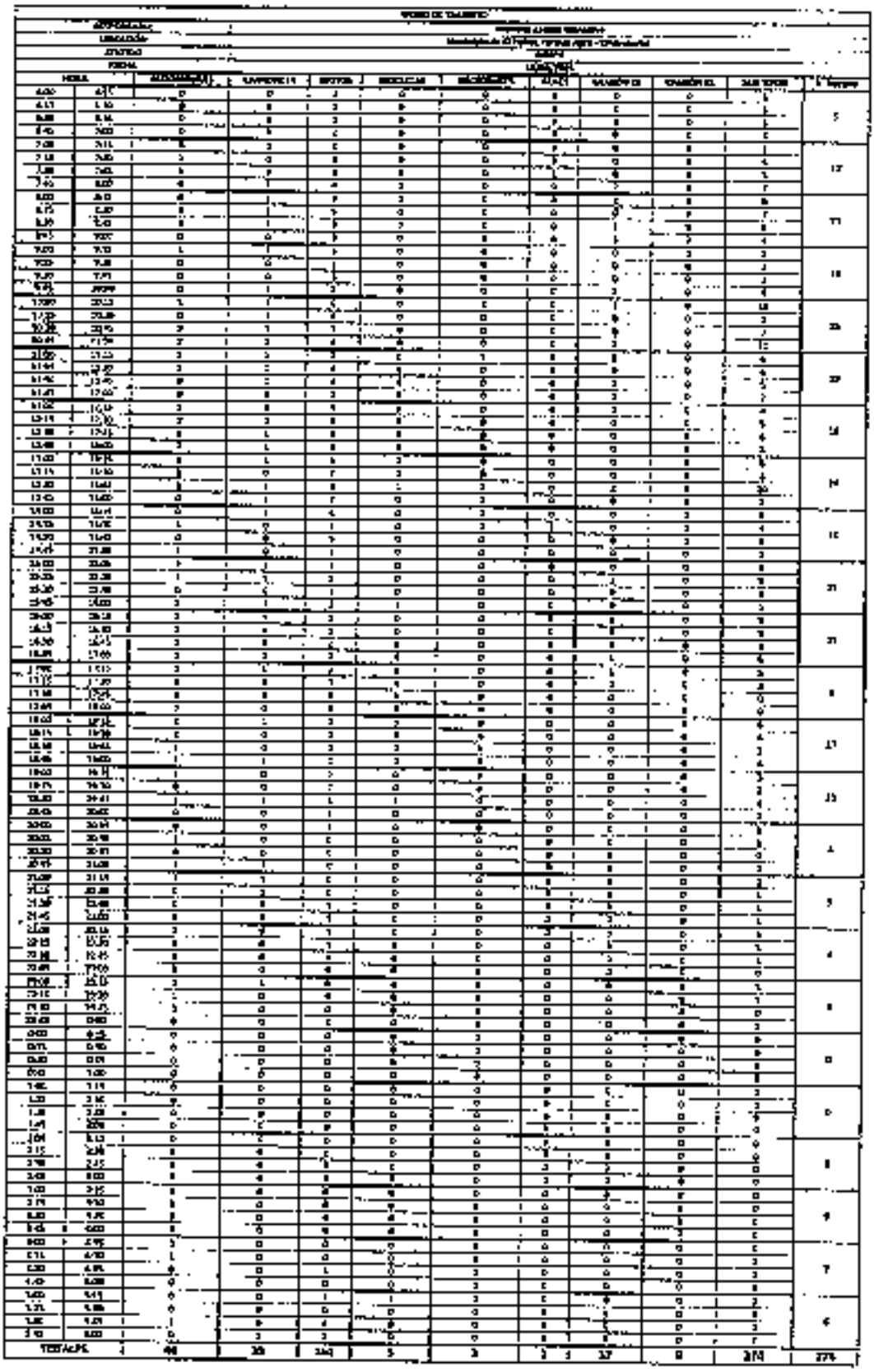


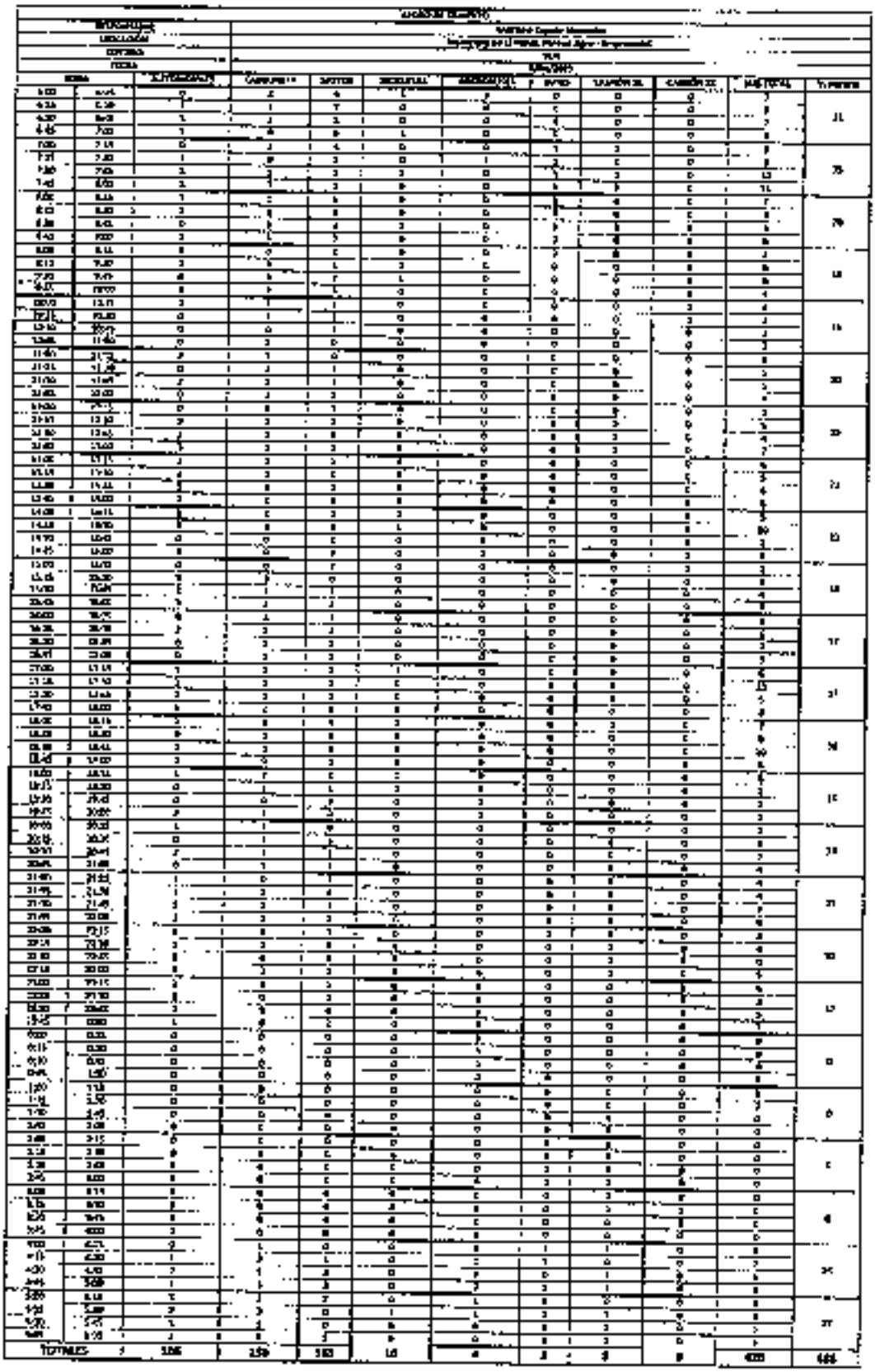


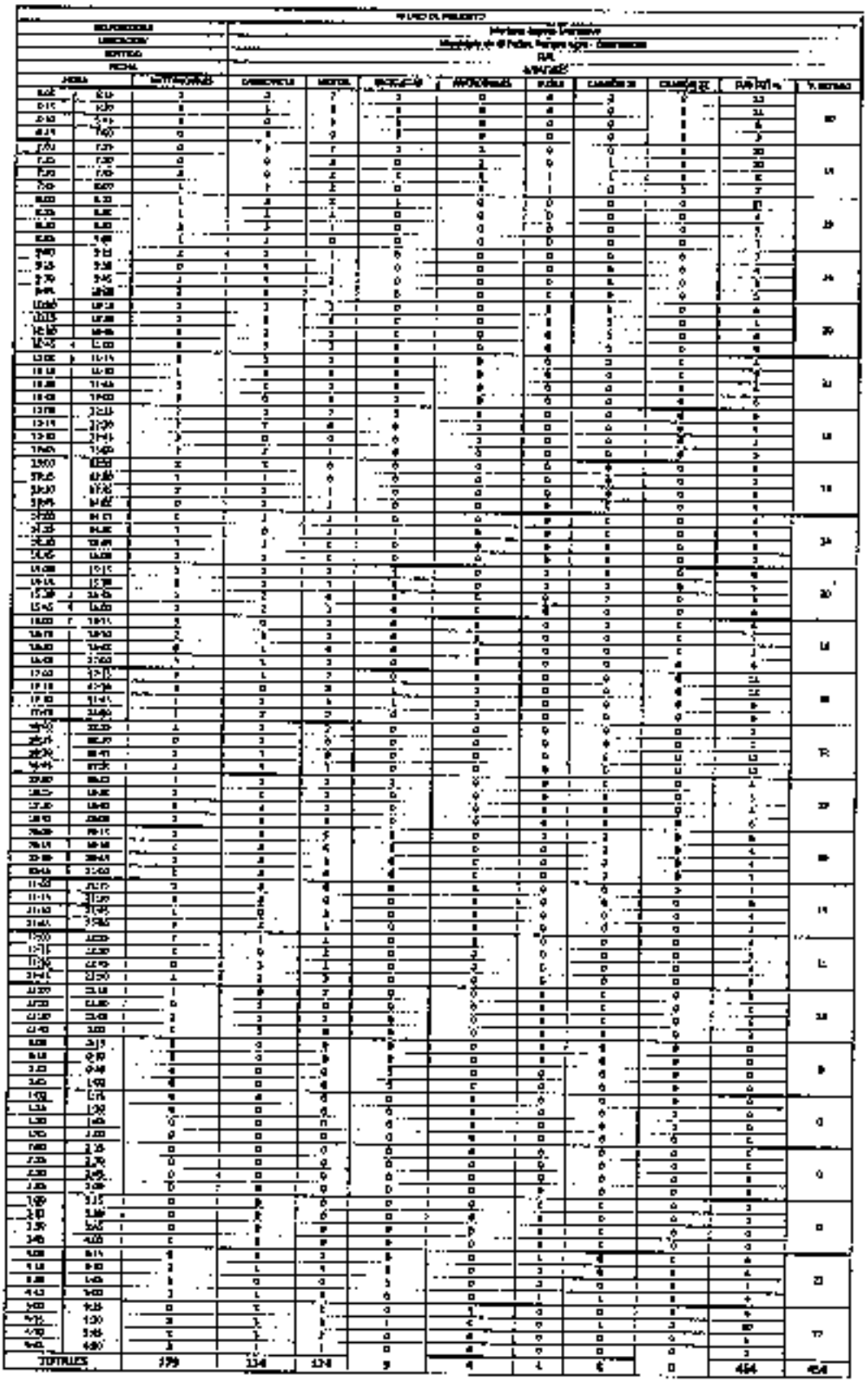


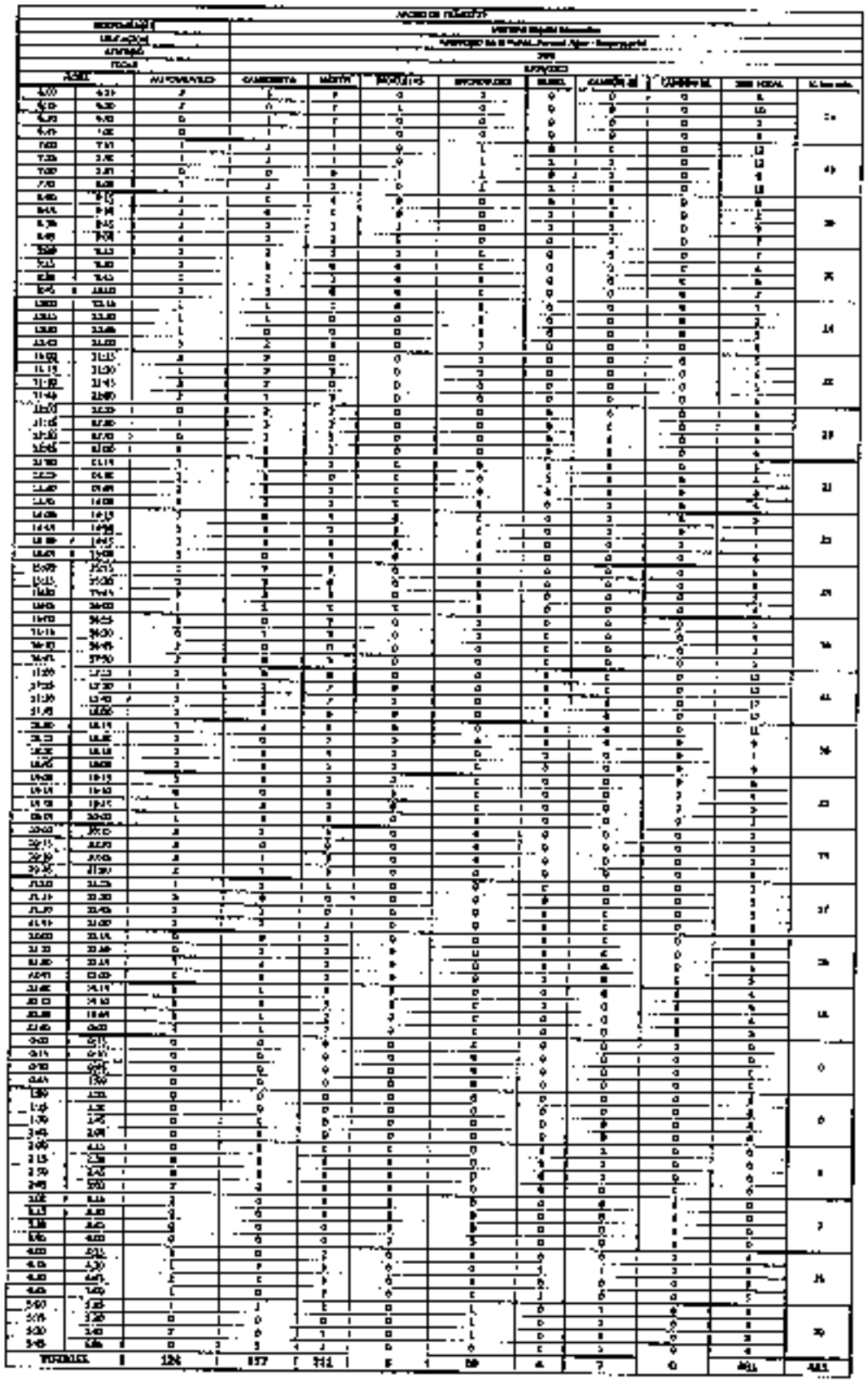


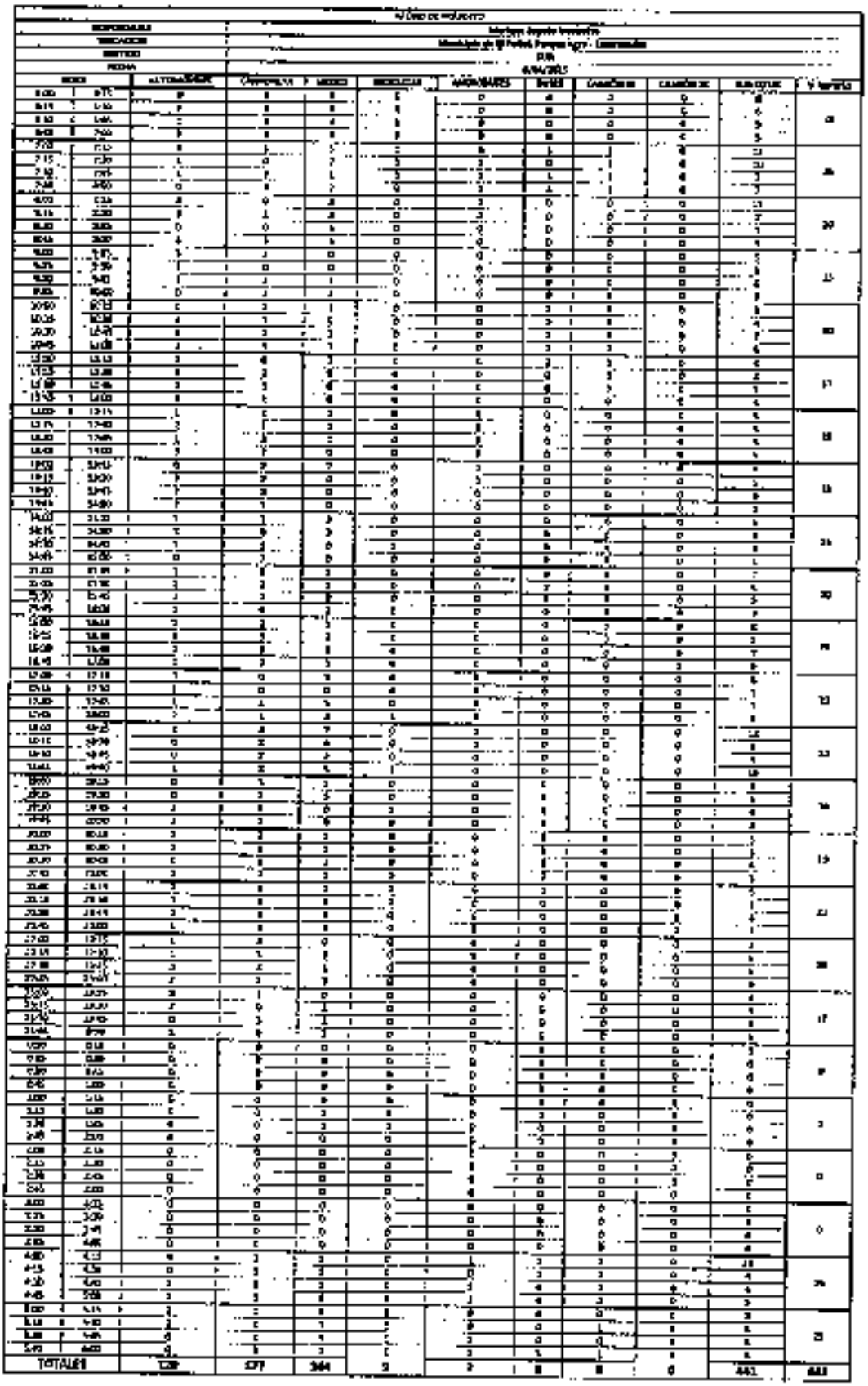


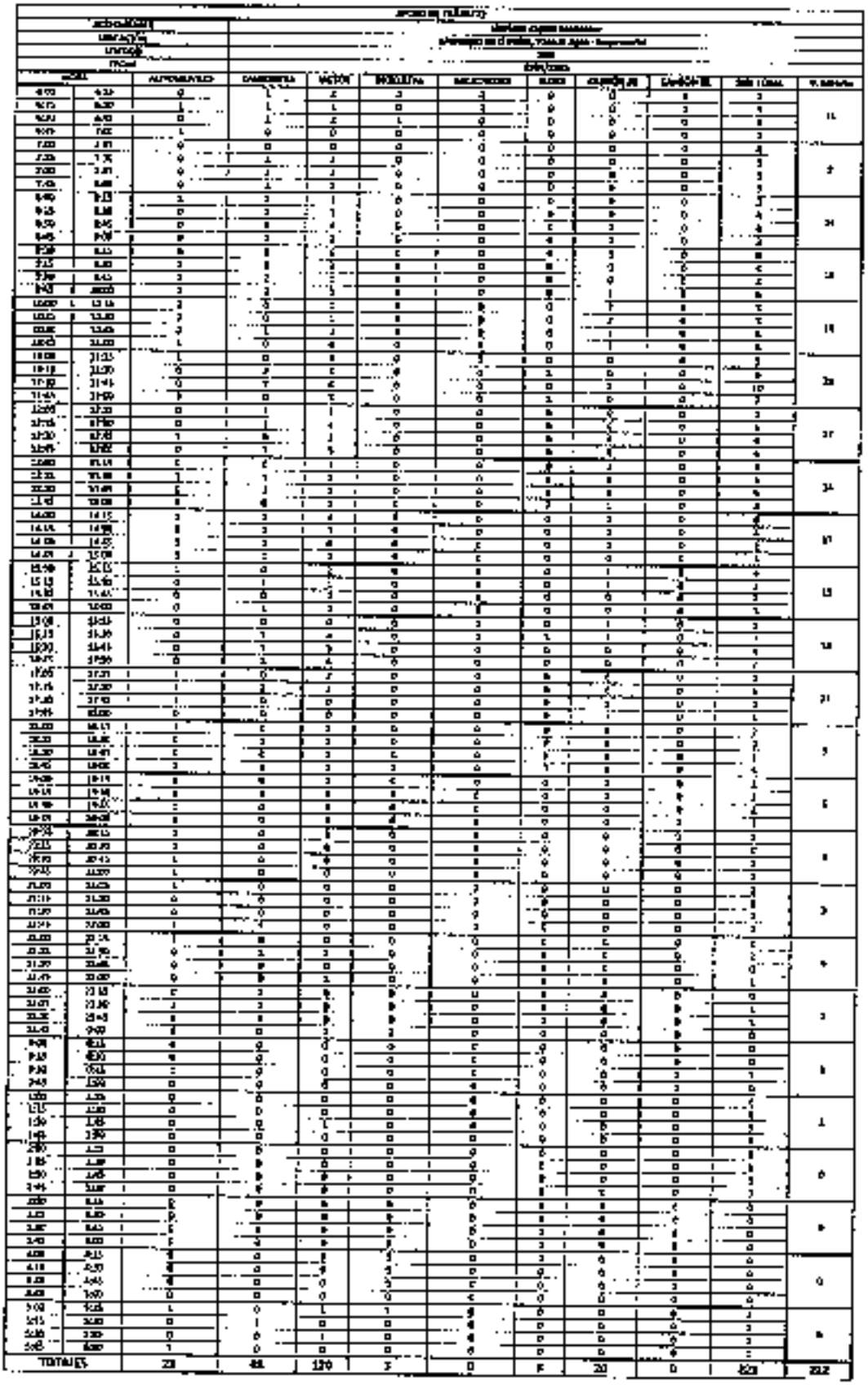


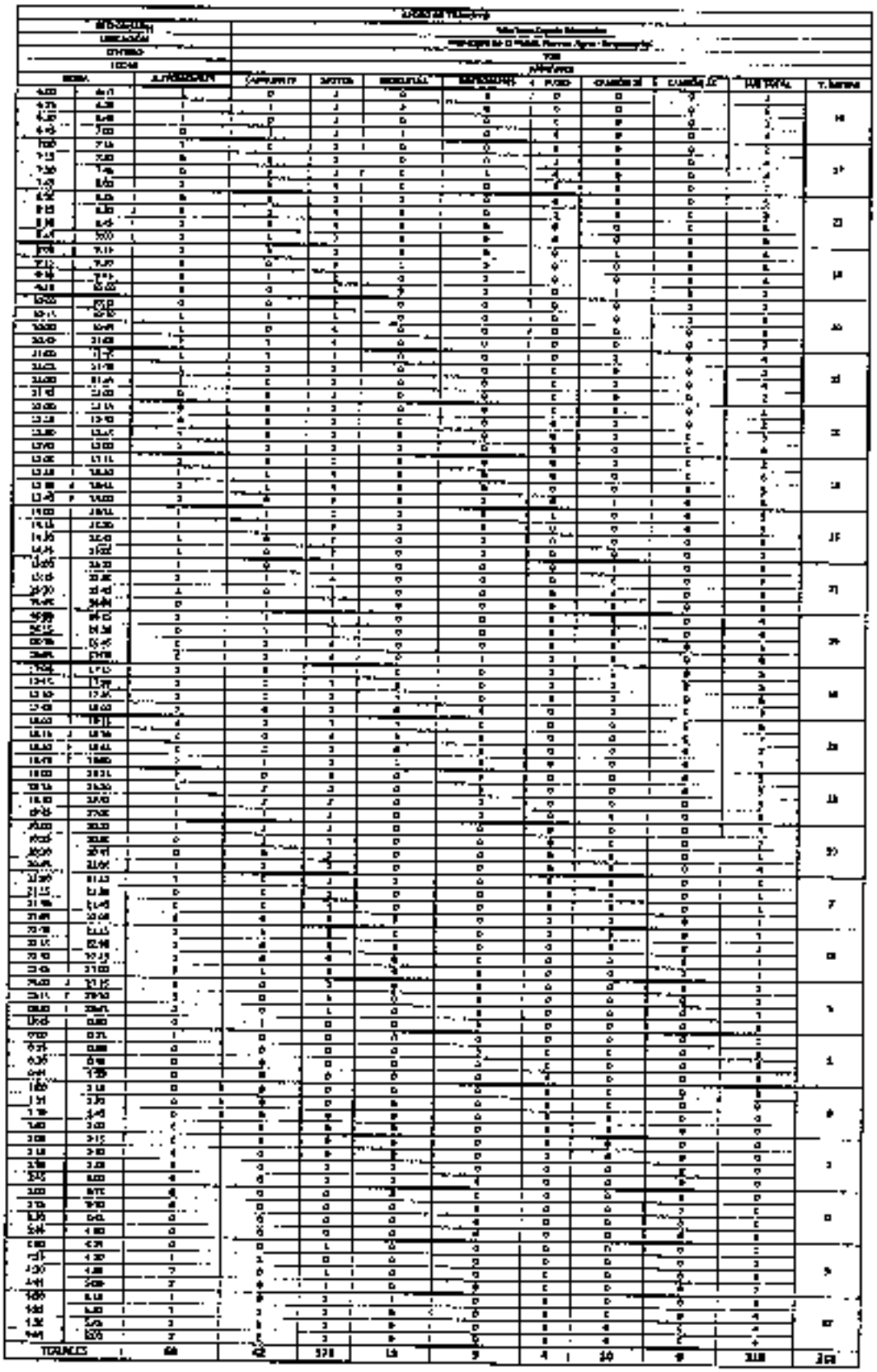


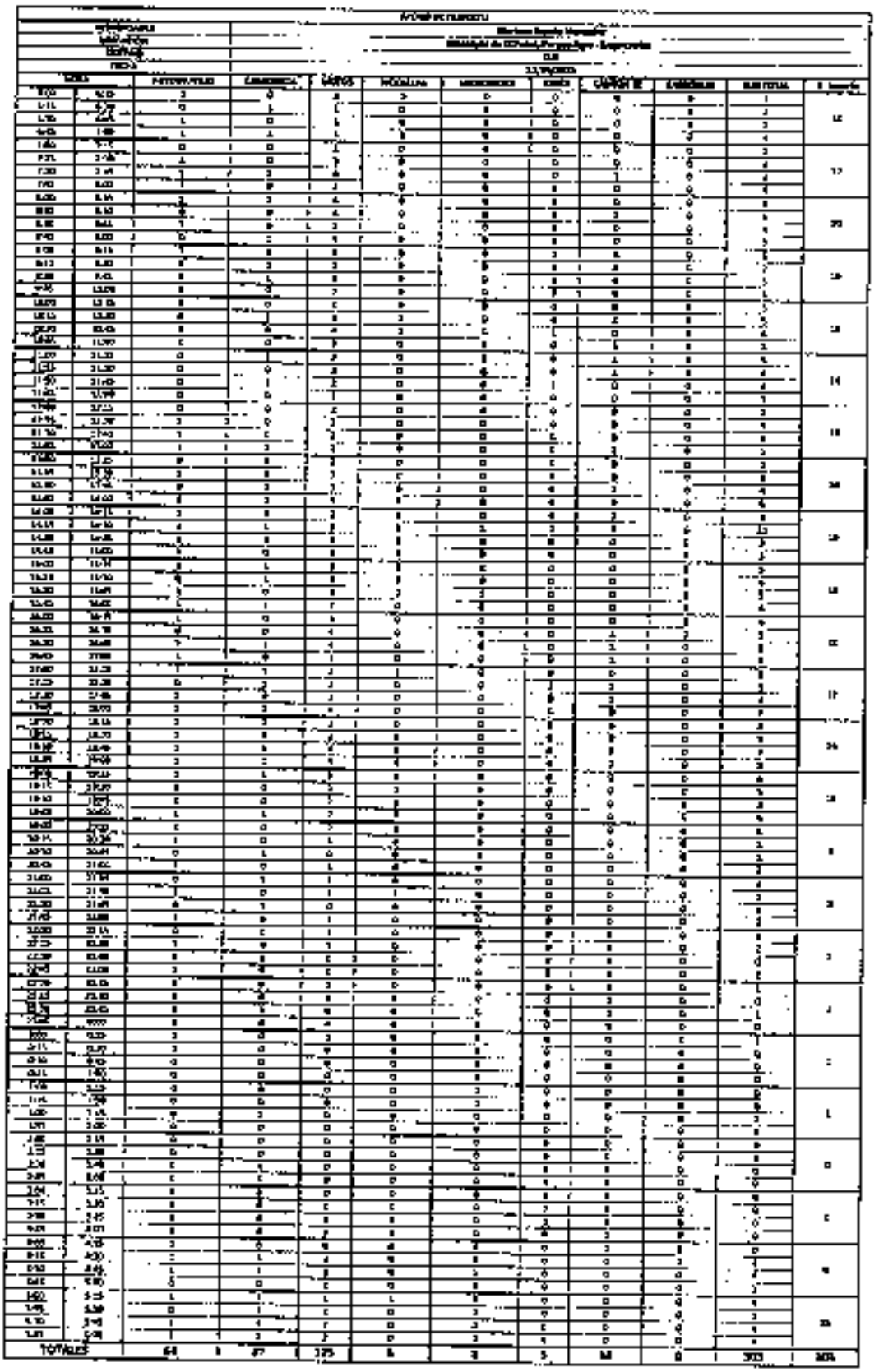












REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3635913

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que CARLOS MARIO HENAO YEPES, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1037625504, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 05202-375570 desde el 06 de Diciembre de 2017, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1789.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintisiete (27) días del mes de Mayo del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites-copnia.gov.co/Copnia_Micrositio/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

Republic a de Colombia
Ministerio de Educacion Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Confiere el Título de

Ingeniero Civil

a

Carlos Mario Henao Yepes

C C 1 037 625 504 de Envigado

quien cumplió satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello y previa toma del juramento de rigor, otorga el presente

DIPLOMA

En la ciudad de Medellin, a los 14 días del mes de septiembre de 2017

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaria General

Registro No. 7427. Folio 10 del Libro de Diplomas No. 4
de la Sede de Medellin. Facultad de Minas

016727

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.
05202-375570 ANT
Fecha de Expedición: **06/12/2017**

Nombre:
CARLOS MARIO
HENAO YEPES

Identificación:
C.C. 1037625504

Profesión:
INGENIERO CIVIL

Institución:
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza al titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.

DIRECTOR GENERAL

PRESIDENTE DEL CONSEJO

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA. Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

Yo, **Carlos Mario Henao Yepes,** Ingeniero Civil con Matrícula Profesional No. **05202 - 375570 ANT**, con experiencia certificada en el ejercicio profesional, debidamente registrado en el **CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA,** por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad del diseño de estudios del volumen de diseño de pavimento del proyecto:

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL, por los perjuicios que a causa de ellos puedan deducirse, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones y especificaciones dadas en el VOLUMEN DE ESTUDIOS de diseño de pavimento y exonero a la administración municipal de El Peñol, departamento de Antioquia; Gobernación de Antioquia; Ministerio de Transporte e INVÍAS por los daños y perjuicios que de este volumen pudieran derivarse.

Volumen de Estudios de diseño de pavimento elaborado de acuerdo con los requerimientos normativos requeridos por el **MINISTERIO DE TRANSPORTE.**

Para constancia de lo anterior se firma en la ciudad de Medellín a los 26 días del mes de mayo del año 2025.

Atentamente,

Carlos Mario Henao Yepes

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

Carlos Mario Henao Yepes

C.C. 1.037.625.504 de Envigado

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

Especialista en Ingeniería Geotecnia

En la ciudad de Medellín, a los 07 días del mes de septiembre de 2018

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro n.° 3335, Folio 23 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Sede Medellín, Facultad de Minas

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

DISEÑO GEOMÉTRICO

YCO. S.A.S
DISEÑO + CONSULTORIA
NIT. 900.898.360-5

2025

HOJA DE CONTROL DE DOCUMENTO			
Nombre del documento:	DYCO-PEÑO-003-DG-INF-001-MOD		
Código del documento:	DYCO-PEÑO-003-DG-INF-001-MOD		
Versión: 02		**Fecha de la versión:**	**27-05-2025**

ELABORACIÓN, REVISIÓN, VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN			
Actividad	**Fecha**	**Nombre del ejecutor**	**Firma**
Elaboración			
Elaboración	27/05/2025	Carlos Henao Yepes	
Revisión			
Verificación			

DISTRIBUCIÓN		
Persona a quien se envía	**Cargo**	**Organización**

CONTROL DE VERSIONES		
Versión	**Fecha**	
V1	27/05/2025	DYCO-PEÑO-003-DG-INF-001-V1-MOD

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7

2. OBJETIVOS 7

2.1. OBJETIVO GENERAL 7

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS 7

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INTERVENCIÓN 9

4. CLIMATOLOGÍA 10

4.1. CLIMA 10

4.2. TEMPERATURA PROMEDIO 10

4.3. NUBES 11

4.4. LLUVIAS 12

5. CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS 13

5.1. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD 13

5.2. SEGÚN EL TIPO DE TERRENO 13

5.2.1. TERRENO ONDULADO 13

1.1.1. TERRENO ESCARPADO 14

6. CRITERIOS GENERALES 14

7. ASPECTOS GENERALES 15

7.1. FASE 1 15

7.2. FASE 2. 16

7.3. FASE 3 16

7.4. RECOPILACION DE LA INFORMACION 16

7.5. RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL 17

7.6. SITUACIÓN VIAL FUTURA 17

8. CONTROLES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO 17

8.1. VELOCIDAD DE DISEÑO 17

8.1.1. VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) 18

8.1.2. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LOS ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL TRAZADO EN PLANTA Y PERFIL 19

8.1.3. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA CURVA VERTICAL (V_{CV}) 25

8.1.4. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL (V_{TV}) 26

8.2. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (DP) 26

9. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (DA) 28

10. VEHÍCULO DE DISEÑO 31

10.1. ASPECTOS GENERALES 31

10.2. TIPOS DE VEHÍCULOS 31

10.3. NOMENCLATURA 32

10.4. DIMENSIONES Y TRAYECTORIAS DE GIRO 32

11. DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA 34

11.1. EMPALMES BÁSICOS. DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS 34

11.2. EMPALME CIRCULAR SIMPLE 35

11.3. RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMÍN) 35

12. DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA 36

12.1. TANGENTE VERTICAL 36

12.1.1. PENDIENTE MÍNIMA 36

12.1.2. PENDIENTE MÁXIMA 37

13. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA 38

13.1. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL 38

13.1.1. ANCHO DE ZONA O DERECHO DE VÍA 38

13.1.2. CORONA 39

13.1.3. CALZADA 39

13.1.4. ANCHO DE CALZADA 40

13.1.5. PENDIENTE TRANSVERSAL 40

13.1.6. BERMAS 41

13.1.7. SOBREANCHO EN LAS CURVAS 42

14. SEÑALIZACIÓN 42

14.1. SEÑALES REGLAMENTARIAS 42

14.2. SEÑALES PREVENTIVAS 43

15. CONCLUSIONES 44

16. BIBLIOGRAFÍA 45

LISTA DE TABLAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto 9

Figura 2. Clima de El Peñol, Antioquia. (Weather Spark, s.f.) 10

Figura 3. Temperatura promedio de El Peñol, Antioquia. (Weather Spark, s.f.) 11

Figura 4. Nubosidad- Peñol-Antioquia. (Weather Spark, s.f.) 12

Figura 5. Lluvias- Peñol-Antioquia. (Weather Spark, s.f.) 12

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe expone el diseño geométrico de vías existentes del proyecto denominado *"Estudios y diseños para la construcción de pavimento en asfalto caliente para el sector La Esperanza, comprendido entre la carrera 23C y las transversales 15 y 8, zona urbana, así como el ingreso a la vereda Horizonte y al centro de acopio del municipio de El Peñol"*. Este proyecto contempla la pavimentación de dos tramos viales ubicados en dicho municipio, para el presente diseño se utilizará el Manual De Diseño Geométrico De Carreteras INVIAS 2008, y el método de análisis para planeación y ejecución del proyecto de una carretera se realizará para proyectos de mejoramiento de vías existentes del presente manual. Lo descrito anteriormente se consta de unos aspectos generales para dividido en tres fases donde inicialmente se deben conocer los requisitos para el diseño de carreteras nuevas, esto es importante para corregir las anomalías existentes en la carretera y así reducir el riesgo de accidentes y mantener la seguridad y confort del tramo a intervenir.

La ubicación del proyecto es de fundamental importancia para el análisis de costo – beneficio, ya que de esto depende la categoría de la vía y la incidencia que tiene en el análisis del diseño en general, pues dependiendo del terreno varían los parámetros a considerar y también el nivel de servicios que puede prestar

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño geométrico de los tramos de carretera de tercer orden para el proyecto de pavimentación en asfalto caliente para el sector La Esperanza, en el municipio de El Peñol.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

• Dado a que la vía en estudio existe en la zona y lo que se pretende es hacer un mejoramiento, uno de los principales objetivos es corregir los posibles errores cometidos en la concepción inicial de ésta.

• Brindar seguridad y confortabilidad a los usuarios que hagan uso de la vía, esto se logra realizando un análisis y diseño detallado de cada uno de los elementos que conforman la vía, esto incluye la selección adecuada de radios de curvatura, pendientes y visibilidad, y el diseño de intersecciones seguras.

• Utilizar al máximo la infraestructura existe de la vía en estudio con el fin de reducir costos de ejecución y aprovechar recursos en puntos donde sea más justificable el costo de las obras a ejecutar.

• Mantener un tránsito eficiente en la vía para evitar congestiones y en consecuencia una afectación directa al nivel de servicio.

• La normatividad vigente de las señales de tránsito debe adaptarse a las condiciones de la vía para salvaguardar la seguridad de los usuarios.

• El diseño geométrico de la carretera debe favorecer al entorno en general y minimizar el impacto ambiental que se genere debido a la ejecución de la obra.

• El análisis costo- beneficio debe ser balanceado y económicamente viable, también se deben tener en cuenta los mantenimientos rutinarios y los costos de operación que se generen.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INTERVENCIÓN

El municipio de El Peñol está ubicado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia. Limita por el norte con el municipio de Concepción; por el nororiente con el municipio de Alejandría; por el occidente con los municipios de San Vicente, El Santuario y Marinilla; por el sur con el municipio de Granada y por el oriente con el municipio de Guatapé.

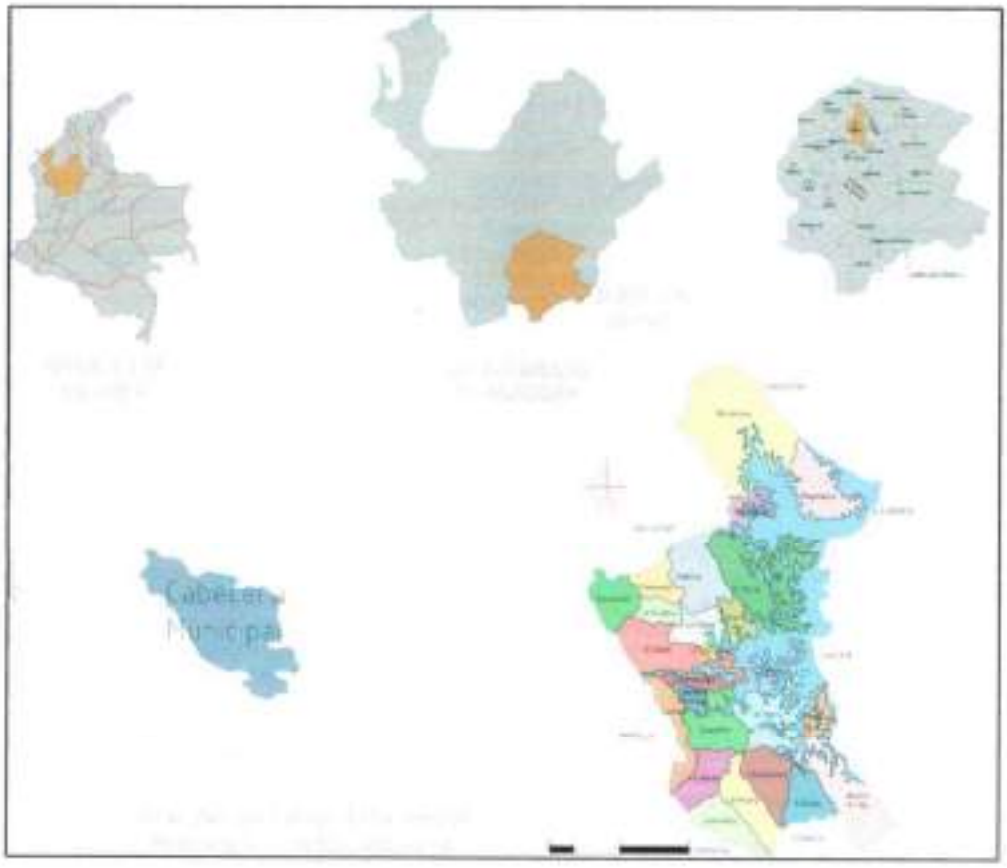


Figura 1. Localización general del proyecto

4. CLIMATOLOGÍA

4.1. CLIMA

En el peñol, la temperatura generalmente varía de 14°C a 24°C y rara vez baja a menos de 12°C o sube a más de 26°C. (Weather Spark, s.f.)

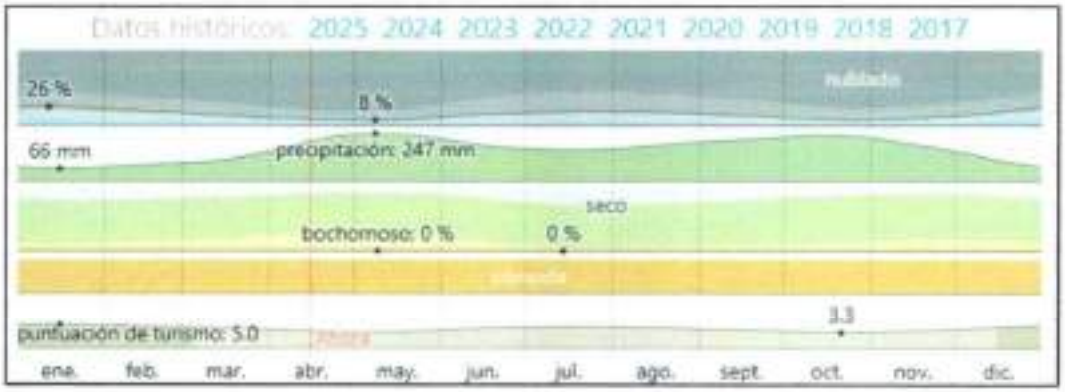


Figura 2. Clima de El Peñol, Antioquia. (Weather Spark, s.f.)

4.2. TEMPERATURA PROMEDIO

El período más templado se extiende aproximadamente por 3.1 meses, desde el 13 de junio hasta el 16 de septiembre, durante el cual la temperatura máxima diaria promedio supera los 23 °C. El mes más cálido del año es mayo, con temperaturas promedio que oscilan entre una máxima de 23 °C y una mínima de 15 °C.

Por otro lado. la temporada más fresca tiene una duración de alrededor de 2.5 meses, entre el 15 de octubre y el 31 de diciembre, con temperaturas máximas diarias promedios inferiores a 22 °C. El mes más frío es noviembre, registrando una temperatura mínima promedio de 14 °C y una máxima de 22 °C.

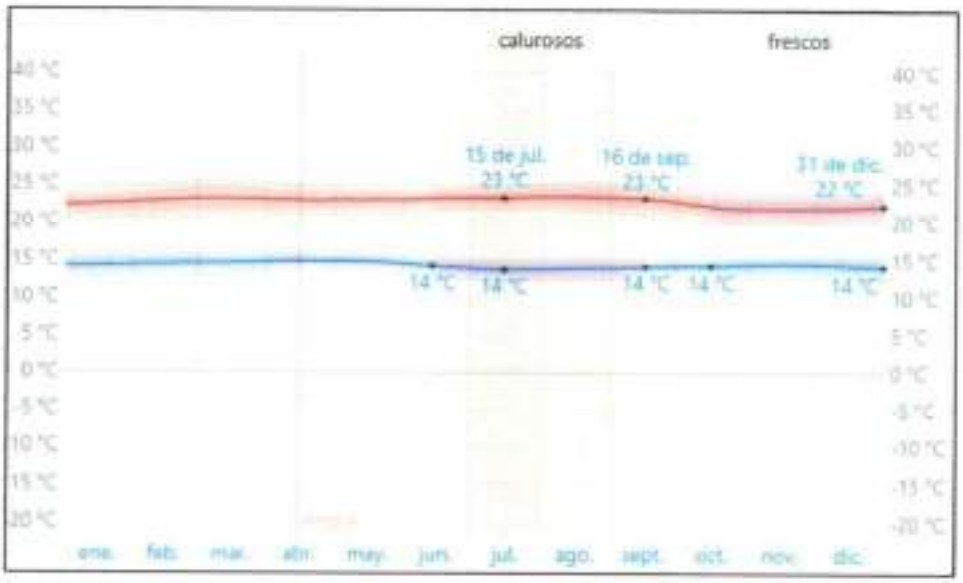


Figura 3. Temperatura promedio de El Peñol, Antioquia. (Weather Spark, s.f.

4.3. NUBES

En el municipio de El Peñol, la variación en el porcentaje de cielo cubierto por nubes a lo largo del año es relativamente baja. La época con mayor claridad en el cielo inicia alrededor del 10 de diciembre y se extiende por aproximadamente 2.8 meses, finalizando cerca del 4 de marzo. Enero es el mes con mayor predominancia de cielos despejados, en el que, en promedio, el cielo se encuentra despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado durante el 25% del tiempo. En contraste, el periodo más nublado del año comienza cerca del 4 de marzo y se prolonga por unos 9.2 meses, concluyendo alrededor del 10 de diciembre.

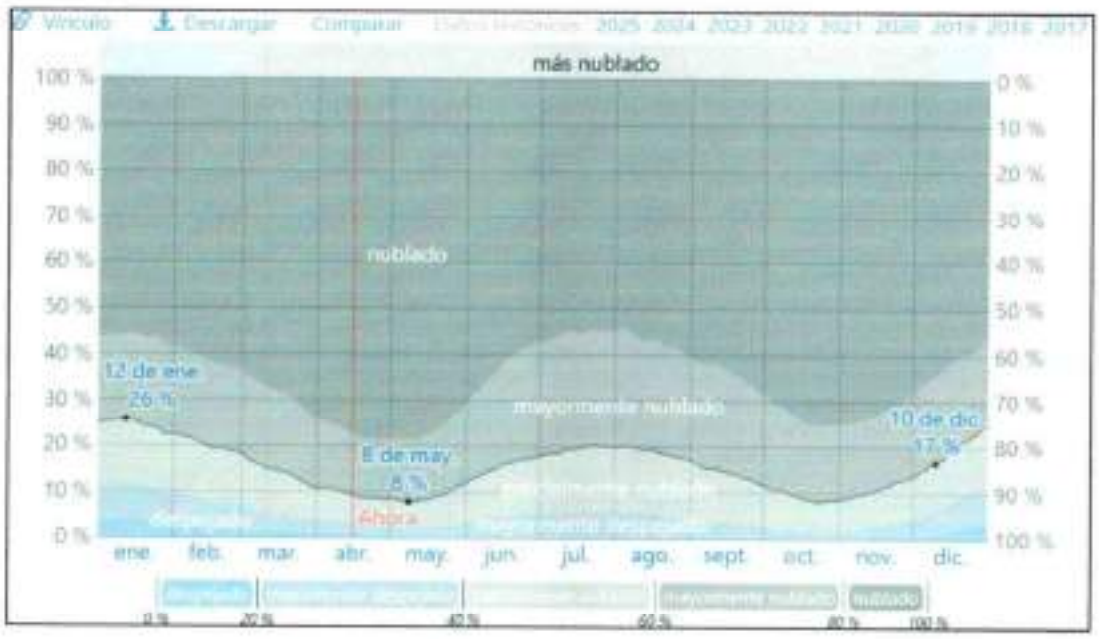


Figura 4. Nubosidad- Peñol-Antioquia. (Weather Spark. s.f.

4.4. LLUVIAS

El mes más lluvioso en el municipio de El Peñol es mayo, con una precipitación promedio de aproximadamente 244 milímetros. Por el contrario, enero se registra como el mes más seco del año, con un promedio de 66 milímetros de lluvia.

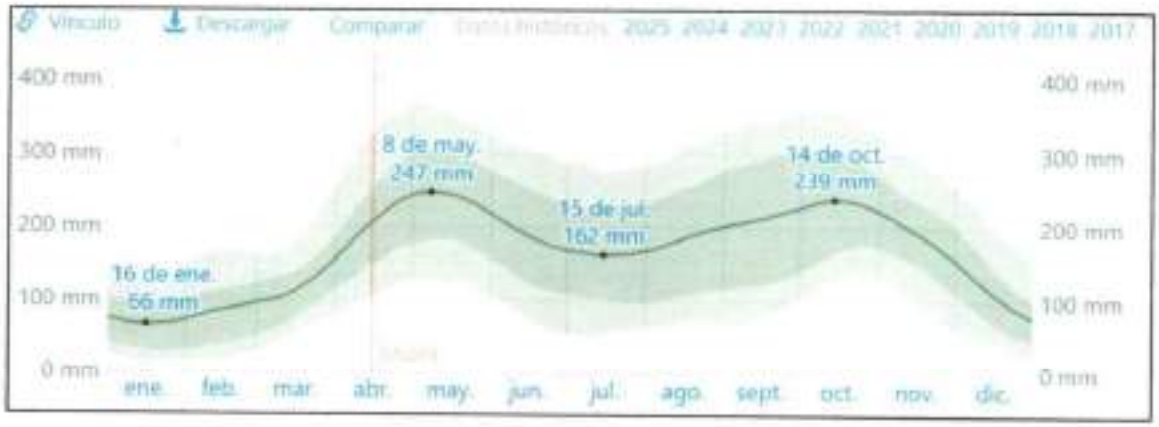


Figura 5. Lluvias- Peñol-Antioquia. (Weather Spark, s.f.)

5. CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS

Las vías en estudio presentan las siguientes características:

VIAS	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	TERRENO
Via 2	90	11	Escarpado
Via 1	60	3.2	Ondulado

Según lo descrito en el ***Manual De Diseño Geométrico De Carreteras,*** las carreteras se clasifican según su funcionalidad y tipo de terreno.

5.1. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD

Debido a la necesidad operacional de esta carretera, su ubicación y uso, se clasifica en carretera tipo tercer orden.

5.2. SEGÚN EL TIPO DE TERRENO

Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio, es decir que a lo largo del proyecto pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno.

5.2.1. TERRENO ONDULADO

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados (6° - 13°). Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento (3% - 6%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.

1.1.1. TERRENO ESCARPADO

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento (8%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que en aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas y en oportunidades frecuentes.

6. CRITERIOS GENERALES

A continuación, se mencionan algunos criterios generales para el diseño de rectificaciones y mejoras:

1) Se deben cumplir los criterios de diseño geométrico correspondientes a carreteras nuevas.

2) En las carreteras de dos carriles, garantizar la distancia de visibilidad de parada y una longitud suficiente con visibilidad de adelantamiento.

3) El mejoramiento que implica una rectificación debe ser completo y obedecer a estándares congruentes en sus alineamientos horizontal, vertical y en sección transversal.

4) Hasta donde sea posible se debe aprovechar la infraestructura existente.

5) Corregir los accesos peligrosos a los puentes y eliminar pasos de ferrocarril a nivel.

6) En el mejoramiento se deben considerar aspectos estéticos, paisajísticos y ambientales.

7) Se debe garantizar la máxima eficiencia de los sistemas de drenaje.

7. ASPECTOS GENERALES

A partir de la recopilación de la información primaria por medio de sistemas de información geográfica, imágenes satelitales, reconocimiento aéreo con drones, entre otros, se procede a realizar un análisis de los resultados obtenidos, encontrando las curvas de nivel existentes en la zona por donde cruza la vía, determinación de la longitud total e identificación de los puntos de inicio y fin. Para la concepción del diseño final de forma general se mencionarán las siguientes fases:

7.1. FASE 1

a) Adquisición de restituciones, fotografías aéreas e imágenes de satélite

b) Recopilación de documentos de los estudios de la vía existente realizados anteriormente.

c) Reconocimiento de la zona del proyecto, con el inventario detallado de la geometría de la vía y la topografía aledaña.

d) Análisis de las especificaciones de diseño de la vía existente.

e) Identificación de tramos homogéneos de acuerdo a la topografía, tránsito y diseño geométrico de la vía existente.

f) Análisis y selección de los tipos de mejoramiento para proponer alternativas.

g) Diseño de un tramo de prueba para proponer alternativas, donde se realice el análisis de los posibles tipos de mejoramiento, en planta, perfil, sección transversal y superficie de rodadura.

h) Selección de especificaciones para el diseño del mejoramiento.

i) Diseño preliminar de variantes.

j) Selección de la alternativa de diseño.

k) Paralelamente a los estudios de diseño geométrico es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos que inciden directamente en el proyecto geométrico:

- Ubicación de sitios críticos de inestabilidad geológica y problemas geotécnicos en el área en estudio.
- Evaluación del estado de los puentes, pontones y alcantarillas, para determinar su posible ampliación y su incidencia en el diseño geométrico del mejoramiento.
- Selección de posibles sitios para el diseño de intersecciones
- Ubicación de sitios de alta accidentalidad

- Ubicación preliminar de las fuentes de materiales.
- Áreas de incidencia directa del proyecto tales como cultivos, agroindustria, industria, zonas urbanas o suburbanas, zonas de inundación, sectores de conflicto social, etc.
- Análisis de costos de materiales e insumos que se deben tener en cuenta para el estudio económico de las alternativas a proponer.

7.2. FASE 2.

a) Levantamiento topográfico

b) Selección de los controles de diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal.

c) Diseño geométrico del eje en planta.

d) Diseño geométrico del perfil de prueba o prediseño de una nueva rasante.

e) Diseño preliminar de obras viales.

f) Diseño preliminar de intersecciones a nivel de bosquejo.

g) Cálculo de cantidades de obra a nivel preliminar con el fin de hacer un estimativo de los costos del proyecto.

7.3. FASE 3

a) Localización en el terreno del eje definitivo.

b) Nivelación del eje del proyecto.

c) Diseño definitivo en perfil.

d) Diseño definitivo de las secciones transversales.

e) Cálculo del movimiento de tierras utilizando el modelo del terreno.

f) Elaboración de fichas catastrales.

g) Elaboración de los planos para construcción y documentos finales.

7.4. RECOPILACION DE LA INFORMACION

Se recopilará toda la información que previamente se ha tomado en la zona, necesaria para el proceso de análisis de tránsito, geomorfología, hidrología, topografía, mecánica de suelos, entre otras, así como también información acerca del desarrollo económico y las necesidades de la población, siendo esto de gran importancia para el desarrollo del proyecto.

7.5. RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Mediante actividades controladas, con personas capacitadas adecuadamente, se inspeccionará y se describirá la situación actual de:

- Área de influencia.
- Población en el área de influencia.
- Red vial actual.
- Situación del volumen vehicular actual.
- Niveles de servicio.
- Infraestructura existente.
- Anomalías identificadas.

7.6. SITUACIÓN VIAL FUTURA

De acuerdo a los resultados obtenidos por el presente diseño geométrico y los estudios complementarios, se buscará mejorar la calidad de la vía, optimizando así la funcionalidad de la misma. Se realizarán las recomendaciones necesarias con el fin de evitar futuros colapsos debido al volumen de tránsito estimado al periodo de diseño. El pilar principal de este mejoramiento apunta a la ***seguridad y confortabilidad*** para los conductores que harán uso de esta, y se logra teniendo en cuenta las variables más influyentes en el diseño y haciendo uso de propuestas que satisfagan por completo la necesidad y minimicen el riesgo de cualquier situación que comprometa a los usuarios de la vía, lo habitantes de la zona y al entorno en general.

8. CONTROLES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

8.1. VELOCIDAD DE DISEÑO

Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño (V_{TR}) se debe atender a los siguientes criterios:

1) La longitud mínima de un tramo de carretera con una velocidad de diseño dada debe ser de tres (3) kilómetros para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50

km/h) y de cuatro (4) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento diez kilómetros por hora (60 y 110 km/h).

2) La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos adyacentes no puede ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

No obstante, lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector del corredor de ruta es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su velocidad de diseño con la de los tramos adyacentes no puede ser mayor de diez kilómetros por hora (10 km/h).

8.1.1. VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR})

En resumen, podemos estandarizar el tipo de terreno predominante por tramos con el fin de asignar una velocidad de diseño en tramos homogéneos de acuerdo a la tabla 2.1 de la Guía de Diseño Geométrico de Carreteras, Invias 2008, entonces tenemos que:

NOMBRE DE LA VÍA	CLASIFICACION
carrera 23C, entre la transversal 15 y 8	VÍA DE TERCER ORDEN
ingreso a la vereda Horizontes	VÍA DE TERCER ORDEN

Tabla 1. Categoría de la carretera

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de terreno: ondulado, montañoso y escarpado.

Tipo de terreno predominante: montañoso.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TH} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciana	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Imagen 1. Velocidad de diseño de un tramo homogéneo V_{TH} (km/h).

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. INVIAS 2008.

NOMBRE DE LA VÍA	LONGITUD (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO Vtr (Km/h)
Carrera 23C, entre la transversal 15 y 8	90.00	20
Ingreso a la vereda Horizontes	60.00	30

Table 2. Asignación De Velocidad De Diseño De Tramos Homogéneos (V_{TH})

Fuente: Elaboración propia.

8.1.2. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LOS ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL TRAZADO EN PLANTA Y PERFIL

La velocidad máxima más probable con que sería abordado cada elemento geométrico es justamente su Velocidad Específica y es con la que se debe diseñar ese elemento.

El valor de la Velocidad Específica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros:

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo (VTR) en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se les pueda asignar como Velocidad Específica el valor de la velocidad de diseño del tramo (VTR).
- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido.

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la Velocidad Específica de curvas y entretangencias, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, se obliga a que las Velocidades Específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean como mínimo iguales a la velocidad de diseño del tramo (VTR) y no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora **(V_{TR} + 20 km/h)**.

La secuencia general para la asignación de la Velocidad Específica de los elementos geométricos en planta y perfil es la siguiente:

1) En el proceso de diseño del eje en planta:

- Partiendo de la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo adoptada **(V_{TR})**, asignar la Velocidad Específica a cada una de las curvas horizontales **(V_{CH})**.
- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales **(V_{CH})**, asignar la velocidad específica a las entretangencias horizontales **(V_{ETH})**.

2) En el proceso de diseño del eje en perfil:

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales **(V_{CH})** y a las entretangencias horizontales **(V_{ETH})**, asignar la Velocidad Específica a las curvas verticales **(V_{CV})**.
- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las entretangencias horizontales **(V_{ETH})**, asignar la Velocidad Específica a las tangentes verticales **(V_{TV})**.

8.1.2.1. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA CURVA HORIZONTAL (VCH)

Para asignar la Velocidad Específica **(V_{CH})** a las curvas horizontales incluidas en un Tramo homogéneo, se consideran los siguientes parámetros:

- La Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo **(V_{TR})** en que se encuentra la curva horizontal.
- El sentido en que el vehículo recorre la carretera.
- La Velocidad Específica asignada a la curva horizontal anterior.
- La longitud del Segmento Recto anterior. Para efectos de este Manual se considera Segmento Recto a la distancia horizontal medida entre los puntos medios de las espirales de las curvas al inicio y al final del segmento si éstas son espiralizadas ó entre el PT y el PC de las curvas si son circulares.
- La deflexión en la curva analizada.

8.1.2.1.1. CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE LA VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA CURVA HORIZONTAL (VCH)

La Velocidad Específica de cada una de las curvas horizontales se debe establecer atendiendo a los siguientes criterios:

- La Velocidad Específica de una curva horizontal **(V_{CH})** no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo **($V_{CH} \geq V_{TR}$)** ni superior a ésta en veinte kilómetros por hora **($V_{CH} \leq V_{TR} + 20$)**.

- La Velocidad Específica de una curva horizontal debe ser asignada teniendo en cuenta la Velocidad Específica de la curva horizontal anterior y la longitud del segmento recto anterior. Para esto se conocen 5 casos que se resumen en lo siguiente:

  Caso 1. $L < (V_{TR})x(5s)$ 150m, entonces $V_{ch(i)} = V_{ch(i-1)}$

  Caso 2. $150m \leq L < 400m$; $\Delta < 45°$, $V_{ch(i)} = V_{ch(i-1)}$

  Caso 3. $150m \leq L < 400m$; $\Delta > 45°$, $V_{ch(i)} = (V_{ch(i-1)} - 10km/h)$

  Caso 4. $400m \leq L < 600m$; $V_{ch(i)} = V_{TR} + 10km/h$

  Caso 5. $L > 600m$; $V_{ch(i)} = V_{TR} + 20km/h$

Cuando la Velocidad de Diseño del tramo (V_{TR}) es relativamente baja (entre 30 y 50 km/h) la longitud del Segmento Recto, en función de la cual los conductores toman la decisión para ajustar su velocidad, es menor, tal como se puede observar en la misma

Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior V_{CH} (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) ≤ 50 km/h					Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) > 50 km/h				
	Longitud del Segmento recto anterior (m)					Longitud del Segmento recto anterior (m)				
	L ≤ 70	70 < L ≤ 250		250 < L ≤ 400	L > 400	L ≤ 150	150 < L ≤ 400		400 < L ≤ 600	L > 600
		Δ < 45°	Δ ≥ 45°				Δ < 45°	Δ ≥ 45°		
V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR} + 10	V_{TR} + 20	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR} + 10	V_{TR} + 20
V_{TR} + 10	V_{TR} + 10	V_{TR} + 10	V_{TR}	V_{TR} + 10	V_{TR} + 20	V_{TR} + 10	V_{TR} + 10	V_{TR}	V_{TR} + 10	V_{TR} + 20
V_{TR} + 20	V_{TR} + 20	V_{TR} + 20	V_{TR} + 10	V_{TR} + 10	V_{TR} + 20	V_{TR} + 20	V_{TR} + 20	V_{TR} + 10	V_{TR} + 10	V_{TR} + 20
CASO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Imagen 2. Velocidad de diseño de un tramo homogéneo V_{TR} (km/h).

Velocidad Específica de una curva horizontal (V_{CH}) incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño V_{TR}

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

- La diferencia entre las Velocidades Específicas de la última curva horizontal de un tramo y la primera del siguiente se indican en la Tabla 2.3. Tales diferencias están en función de la Velocidad de Diseño de los tramos contiguos y de la longitud del segmento recto entre dichas curvas. Además, son concordantes con los criterios establecidos para la asignación de la Velocidad Específica de las curvas horizontales dentro de un mismo tramo.

Velocidad de Diseño de los Tramos contiguos (km/h)		Longitud del Segmento recto anterior (m)[1]					Longitud del Segmento recto anterior (m)				
		L ≤ 70	70 < L ≤ 250		250 < L ≤ 400	L > 400	L ≤ 150	150 < L ≤ 400		400 < L ≤ 600	L > 600
Anterior	Analizado		Δ < 45°	Δ ≥ 45°				Δ < 45°	Δ ≥ 45°		
20	30	0	0	0	10	20	N.A.[2]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
20	40	0	0	0	10	20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
30	20	0	0	-10	10	NOTA[3]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
30	40	0	0	0	10	20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
30	50	0	0	0	10	20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
40	20	0	0	-10	NOTA[3]	NOTA[3]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
40	30	0	0	-10	10	NOTA[3]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
40	50	0	0	0	10	20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
40	60	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
50	30	0	0	-10	NOTA[3]	NOTA[3]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
50	40	0	0	-10	10	NOTA[3]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
50	60	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
50	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
60	40	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA[3]	NOTA[4]
60	50	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA[4]
60	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
60	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
70	50	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA[3]	NOTA[4]
70	60	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA[4]
70	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
70	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
80	60	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA[3]	NOTA[4]
80	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA[4]
80	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
80	100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
90	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA[3]	NOTA[4]
90	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA[4]
90	100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
90	110	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
100	80	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA[3]	NOTA[4]
100	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA[4]
100	110	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	10	20
110	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	NOTA[3]	NOTA[4]
110	100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	-10	10	NOTA[4]

Table 3. Diferencia entre la Velocidad Específica de la última curva horizontal del tramo anterior y la primera curva horizontal del tramo analizado, en km/h.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

8.1.2.1.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ASIGNACIÓN DE LA VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA CURVA HORIZONTAL

La asignación de la velocidad específica de las curvas horizontales (V_{CH}) se deben simulando primero el desplazamiento de un vehículo en un sentido de circulación y luego en el otro. Se

debe asignar la velocidad especifica que resulte mayor en el análisis de los dos sentidos en la misma curva.

El procedimiento general sugerido para asignar la Velocidad Específica de las curvas horizontales (V_{CH}) se describe a continuación.

1. Trazado de la línea de ceros.
2. Diseño preliminar del eje en planta.

   El diseño preliminar del eje en planta se debe realizar ajustado a la línea de ceros y de acuerdo a la Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) adoptada. Las curvas horizontales propuestas deben cumplir con los criterios indicados en el Capítulo 2. Controles para el diseño geométrico y en el Capítulo 3. Diseño en planta del eje de la carretera, y en especial con el control de radios consecutivos de acuerdo a lo indicado en el numeral 3.5 y en la Tabla 3.8.
3. Determinación de la longitud de los Segmentos rectos entre las curvas propuestas.
4. Asignación de la Velocidad Específica (V_{CH}) de las curvas horizontales simulando el recorrido en el sentido creciente del abscisado.

   4.1. Asignar la Velocidad Específica (V_{CH}) a la primera curva del tramo homogéneo observando los criterios que se enuncian a continuación:

   a. Diferencia de Velocidades de Diseño entre tramos homogéneos.

   b. Diferencia entre la Velocidad Específica de la última curva del tramo anterior y la primera del tramo siguiente. Los valores se presentan en la Tabla 2.3. Cuando no existe tramo anterior, la Velocidad Específica de la primera curva debe ser mayor o igual a la Velocidad del Tramo homogéneo (V_{TR}) y menor o igual a la Velocidad del tramo más veinte kilómetros por hora ($V_{TR} \leq V_{CH} \leq V_{TR} + 20km/h$).

   4.2. Asignar la Velocidad Específica a las demás curvas en forma consecutiva, cumpliendo con los criterios indicados en la Tabla 2.2, hasta terminar con la asignación de la Velocidad Específica de la última curva.
5. Asignación de la Velocidad Específica (V_{CH}) de las curvas horizontales simulando el recorrido en el sentido decreciente del abscisado.

A la primera curva del tramo homogéneo analizado en el sentido decreciente del abscisado se le debe asignar el mismo valor de Velocidad Específica que se le asignó cuando se realizó la simulación en el sentido creciente del abscisado.

6. Asignación de la Velocidad Específica (V_{CH}) definitiva a cada una de las curvas horizontales del tramo homogéneo.

   Como resultado de la asignación de las Velocidades Específicas simulando el recorrido en el sentido creciente del abscisado y luego en el sentido contrario, cada una de las curvas tiene asignadas dos Velocidades Específicas que pueden ser iguales o diferentes. En el caso de que sean diferentes, la condición de seguridad indica que se debe asignar la mayor como Velocidad Específica definitiva de la curva horizontal.

8.1.2.1.3. VELOCIDAD EN LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL (VETH)

Para la verificación de la distancia de visibilidad de adelantamiento (V_a) en una entretangencia horizontal y para la asignación de la Velocidad Específica de una curva vertical (V_{CV}) incluida en dicha entretangencia es necesario establecer la probable velocidad a la que circularían los vehículos por ella.

La Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (V_{ETH}) debe ser igual a la mayor de las dos Velocidades Específicas de las curvas horizontales extremas, seleccionadas inicialmente en ambos sentidos de circulación.

$$V_{ETH} = V_{CH} ma$$

8.1.3. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA CURVA VERTICAL (V_{CV})

La Velocidad Específica de la curva vertical (VCV), cóncava o convexa, es la máxima velocidad a la que puede ser recorrida en condiciones de seguridad. Con ella se debe elegir su longitud y verificar la Distancia de visibilidad de parada (VP). Si la curva vertical coincide con una curva horizontal que tiene una Velocidad Específica dada (VCH), la Velocidad Específica de la curva vertical (VCV) debe ser igual a la Velocidad Específica de la curva horizontal. Si la curva vertical está localizada dentro de una entretangencia horizontal con

una Velocidad Específica dada (VETH), la Velocidad Específica de la curva vertical (VCV) debe ser igual a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal.

8.1.4. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL (V_{TV})

Dado que la carretera es una sola, la velocidad específica con la que se diseñen los elementos geométricos en perfil debe coincidir con la velocidad específica asignada a los elementos geométricos en planta. La pendiente máxima que se le puede asignar a una tangente vertical es la asociada a la velocidad específica de la entretangencia horizontal coincidente. En consecuencia, La Velocidad Específica de la tangente vertical (VTV) es igual a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH)

8.2. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (DP)

Se considera como distancia de visibilidad de parada de un determinado punto de una carretera, la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria al circular a la velocidad específica del elemento (VCH, VETH, VCV o VTV) en el cual se quiere verificar esta distancia de visibilidad.

La longitud requerida para detener el vehículo será la suma de dos distancias: la distancia recorrida durante un tiempo de percepción y reacción y la distancia recorrida durante el frenado.

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción (adoptado en dos y medio segundos (2.5 s) para efectos del proyecto) se mide desde el momento en que se hace visible el obstáculo hasta el instante en que se aplican los frenos. En esta distancia se supone que el vehículo circula con movimiento uniforme a la velocidad específica del elemento.

La distancia recorrida durante el frenado se mide desde la aplicación de los frenos hasta el momento en que el vehículo se detiene totalmente, circulando con movimiento uniformemente desacelerado con velocidad inicial igual a la velocidad específica del

elemento. El valor de la desaceleración asumida es tal que no implica el bloqueo de las llantas al realizar el trabajo de frenado, aun en condiciones de pavimento húmedo. Este estudio fue realizado por la AASHTO y presentado en el Manual de Diseño Geométrico de AASHTO – 2004. La distancia de visibilidad de parada para pavimentos húmedos, se calcula mediante la

$$D_V = 0.278 \times V_e \times t + 0.039 \times \frac{V_e^2}{a}$$

Donde: D_V: Distancia de Visibilidad de parada, en metros.

V_e: Velocidad Específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado (V_{CH}, V_{CHJ}, V_{CV} o V_{TVJ}, en km/h.

t: Tiempo de percepción – reacción, igual a 2.5 s.

siguiente expresión:

Realizando la corrección numérica, la expresión es:

$$d = \frac{V_e^2}{254 \times \left(\frac{a}{9.81} \pm \frac{p}{100}\right)}$$

Donde: d: Distancia recorrida durante el trabajo de frenado, en metros.

p: Pendiente de la rampa, en porcentaje

La distancia corregida de visibilidad de parada en tramos con pendientes mayores a tres por ciento (3%) es:

$$D_P = 0.695 \times V_e + d$$

De acuerdo a los criterios anteriores del manual de diseño geométrico se obtienen los siguientes resultados:

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D_P					
	DESCENSO			ASCENSO		
	- 3%	- 6%	- 9%	+ 3%	+ 6%	+ 9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

Tabla 4. Distancia de visibilidad de parada(m)

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

9. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (DA)

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.



Imagen 3.Distancia de visibilidad de adelantamiento

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

La distancia de visibilidad de adelantamiento, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

$$Da = D1 + D2 + D3 + D4$$

Donde: Da: Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

D1: Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros. D2: Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros. D3: Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta, en metros. D4: Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto (estimada en 2/3 de D2), en metros.

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA V_{ETH} (km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHICULO QUE ADELANTA, V (km/h)			
	56.2 [1]	70 [1]	84.5 [1]	99.8 [1]
Maniobra inicial:				
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t_1: Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d_1: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
Ocupación del carril contrario:				
t_2: Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d_2: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	185	251	314
Distancia de seguridad:				
d_3: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	30	50	75	90
Vehiculo en sentido opuesto:				
d_4: Distancia recorrida en la maniobra (m)	97	130	166	209
$D_A = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	317	446	583	726

Tabla 5. Rangos de velocidad especifica de la entretangencia maniobra de adelantamiento

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA V_{ETH} (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHICULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHICULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20 [1]	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	66	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Tabla 6. Minima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

Para tramo de estudio de la vía, no se cuenta con suficiente longitud de entretangencia entre curvas y de acuerdo a las velocidades especificas, no se establece una distancia de visibilidad de adelantamiento segura.

10. VEHÍCULO DE DISEÑO

10.1. ASPECTOS GENERALES

El diseño geométrico de una vía está orientado a definir un trazado que facilite la circulación de los vehículos tanto en el sentido longitudinal como en su ubicación en el sentido transversal de la calzada. El vehículo representativo de todos los vehículos que puedan circular por dicha vía se denomina vehículo de diseño. La selección del vehículo de diseño debe ser tal que corresponda con la composición del tránsito definida en el estudio de ingeniería de tránsito para el proyecto en estudio. Es necesario tener en cuenta que esta selección incide directamente en la definición de las dimensiones de los anchos de carril, calzada, bermas y sobreanchos de la sección transversal, el radio mínimo de giro en el diseño de las intersecciones y el gálibo bajo las estructuras (pasos elevados).

10.2. TIPOS DE VEHÍCULOS

Para efectos del diseño geométrico se adopta la siguiente clasificación, en concordancia con lo estipulado por el Ministerio de Transporte en la Resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004.

1) Vehículos livianos con menos de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad tales como automóviles, camionetas y camperos.

2) Vehículos pesados con más de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad como buses y vehículos de transporte de carga. Particularmente los vehículos livianos inciden en las velocidades máximas, en las distancias de visibilidad de parada y distancias de visibilidad de adelantamiento, mientras que los vehículos pesados (buses y vehículos de carga) lo hacen en la pendiente longitudinal y en la longitud crítica de pendiente.

10.3. NOMENCLATURA

A continuación, se presentan los vehículos de diseño adoptados en el presente diseño geométrico, basados en los aforos de tránsito realizados en la vía a intervenir. Es pertinente indicar que para efectos de los radios de giro requeridos en el diseño de enlaces en intersecciones y sobreancho en curvas de radios reducidos se consideró que el vehículo articulado 3S2 representa adecuadamente los vehículos 3S2 y 3S3.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Vehículo liviano	-
Bus mediano	-
Bus grande	-
2	Camión de dos (2) ejes - Camión sencillo
3	Camión de tres (3) ejes - Doblетroque
3S2	Tractocamión de tres (3) ejes con Semirremolque de dos (2) ejes

Tabla 7. Vehículos de diseño

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

10.4. DIMENSIONES Y TRAYECTORIAS DE GIRO

Los radios mínimos de giro de un vehículo que se deben tener en cuenta en el diseño geométrico de las calzadas son: la trayectoria de la proyección delantera exterior del ancho del vehículo, la trayectoria de la rueda interior trasera y el radio mínimo de giro del eje central del vehículo. Las dos primeras trayectorias (exterior e interior) definen un espacio mínimo absoluto al realizar un giro de 180°, espacio que es indispensable controlar en el diseño de las calzadas de enlace en intersecciones y retornos y en el cálculo de sobreanchos. Las principales dimensiones se resumen.

CATEGORÍA	LONGITUD TOTAL (m)	ANCHO (m)	LONGITUD TRACTOCAMIÓN (m)	LONGITUD SEMIRREMOLQUE (m)	FIGURA No.
Vehículo liviano	5.00	1.80	-	-	2.2.
Bus mediano	10.91	2.44	-	-	2.3.
Bus grande	13.00	2.60	-	-	2.4.
2	11.00	2.50	-	-	2.5.
3	11.40	2.50	-	-	2.6.
3S2	20.89	2.59	4.57	14.63	2.7.

Tabla 8. Dimensiones y trayectorias de giro

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

La aplicación de los conceptos anteriores se correlaciona con los datos obtenidos en los aforos realizados en la vía en los cuales se identifica las características de las categorías que transitan por el eje vial. Donde las categorías identificadas de mayor envergadura que transitan por la vía, hacen referencia a la C3. De acuerdo a lo anterior y en correlación directa con los informes de tránsito y de pavimentos se establece para el diseño definitivo la categoría C3 camión de 3 ejes- doble troque. con una longitud total de 11.4m y un ancho de 2.5m se acuerdo a la tabla 14.

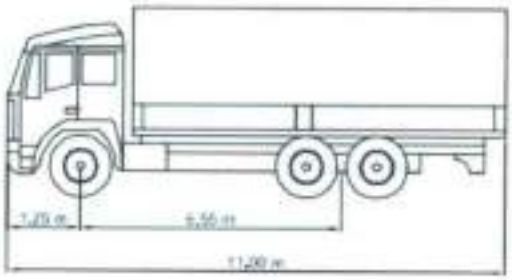


Imagen 4.Dimensiones vehiculo de diseño categoria 3

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

Las características del tránsito son especificadas en el informe correspondiente, donde se muestra la cantidad de vehículos contados y el comportamiento de estos en los días de análisis.

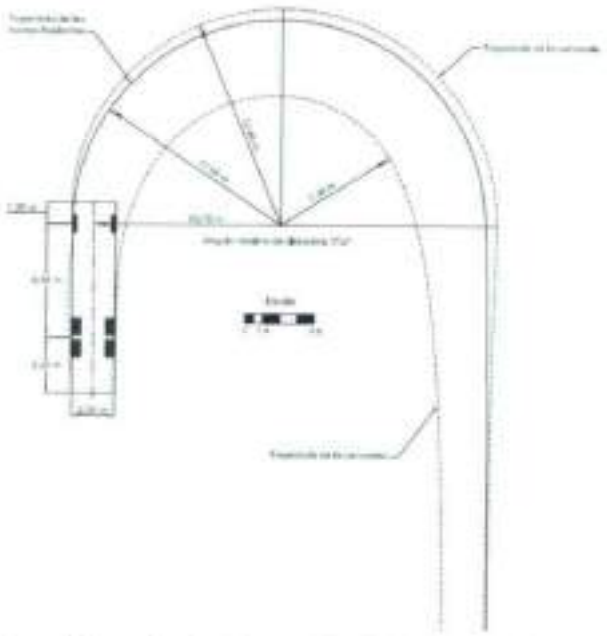


Imagen 5.Dimensiones de giros vehículo de diseño categoría 3

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008

Las dimensiones de diseño de la vía se adaptan a las características del vehículo de diseño, basándose en las velocidades específicas de los tramos y la categoria de la vía de tercer orden, lo cual limita las especificaciones geométricas considerablemente.

11. DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA

11.1. EMPALMES BÁSICOS. DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

A continuación, se hace la descripción general de las curvas y se indican los elementos que conforman los diferentes tipos de curvas, dejando a la academia y a los libros de texto dedicados al diseño geométrico de carreteras, las demostraciones de las fórmulas que definen

las diferentes variables del diseño. Instituto Nacional de Vías Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

11.2. EMPALME CIRCULAR SIMPLE

De acuerdo a la geometría de la vía existente encontrada se determinó que todas las curvas analizadas son circulares simples a partir de su radio de curvatura y ángulo de deflexión.

Los empalmes curvos circulares presentan una curvatura constante, la cual es inversamente proporcional al valor del radio. En el diseño de carreteras corresponde a un elemento geométrico de curvatura rígida.

PI: Punto de cruce de dos tangentes que forman el empalme. PC: Punto de inicio del empalme. PT: Punto final del empalme. Δ: Ángulo de deflexión en el PI, en grados o radianes. R: Radio del arco circular, en metros. LC: Longitud del arco circular, en metros. T: Tangente del empalme, en metros

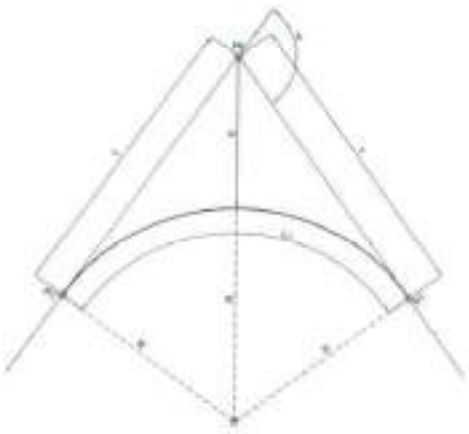


Imagen 6.Curva circular simple

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

11.3. RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMÍN)

El radio mínimo (RCmín) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (emáx) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fTmáx). El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

$$R_{Cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127 \times (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

Para la tipología de vía de tercer orden se tiene los siguientes radios mínimos permitidos de acuerdo a las velocidades específicas

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 [1]
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

[1] (1)

Tabla 9. Radios mínimos para peralte máximo emáx = 6 % y fricción máxima

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

12. DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA

12.1. TANGENTE VERTICAL

12.1.1. PENDIENTE MÍNIMA

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de cero puntos cinco por ciento (0.5%) como pendiente mínima deseable y cero puntos tres por ciento (0.3%) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable. En la selección de uno de los dos valores anteriores se debe tener en cuenta el criterio de frecuencia, intensidad de las lluvias y el espaciamiento de las obras de drenaje tales como alcantarillas y aliviaderos.

12.1.2. PENDIENTE MÁXIMA

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. Para vías Primarias las pendientes máximas se establecen considerando velocidades altas, entre sesenta y ciento treinta kilómetros por hora (60 - 130 km/h). En las vías Terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora (20 - 60 km/h), en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes. Instituto Nacional de Vías Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 128 Para la selección de la pendiente máxima es necesario considerar dos situaciones. La primera, cuando durante el desarrollo de los estudios para la definición del corredor de ruta, que se llevan a cabo durante la Fase 1 del proyecto, se requiere adoptar la Pendiente Media Máxima del corredor (PMmáx), la cual debe estar en consonancia con la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	

Tabla 10. Pendiente longitudinal tramo homogéneo

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

La segunda situación está asociada a la selección de la pendiente máxima de una tangente vertical en particular, caso en el que la pendiente máxima es función de la Velocidad Específica de la tangente vertical (VTV). En la Tabla 4.2 se indican los valores de la pendiente máxima permitida, que depende de la categoría de la carretera y la Velocidad Específica de la tangente vertical (VTV).

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 11. Pendiente longitudinal para velocidad de tangente vertical

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

se establece que para las vías de tercer orden en estudio se tiene una pendiente máxima permitida en las tangentes verticales de 14%, por tal motivo cumplen con las especificaciones de acuerdo a la manuela de diseño geométrico tanto en descenso como ascenso, esto garantiza la no modificación del trazado de la vía en perfil existente. Partiendo de lo anterior no se requiere un estudio de pendiente critica ya que se cumplen todos los parámetros de diseño.

13. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

13.1. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal describe los elementos de la carretera en un plano normal a su eje.

13.1.1. ANCHO DE ZONA O DERECHO DE VÍA

Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones, si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico. A esta zona no se le puede dar uso.

CATEGORIA DE LA CARRETERA	ANCHO DE ZONA (m)
Primaria de dos calzadas	> 30
Primaria de una calzada	24 – 30
Secundaria	20 – 24
Terciaria	12

Tabla 12. Ancho de zona sección transversal

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.

De a acuerdo a lo anterior y a la tipología de vía de tercer orden, la zona de trabajo a lo largo del proyecto es variable, por lo cual en algunos tramos cumple y otros no; debido a disponibilidad de espacio ya que los predios aledaños son de carácter privado.

13.1.2. CORONA

Es el conjunto formado por la calzada y las bermas. El ancho de corona es la distancia horizontal medida normalmente al eje entre los bordes interiores de las cunetas. Para el proyecto no se requiere la construcción de la berma a ambos lados. Por tal motivo la corona es el conjunto de la calzada y el ancho la distancia horizontal medida al eje entre los bordes interiores de las cunetas. Para el caso en estudio ante la falta de berma para la vía, la calzada es igual a la corona en dimensiones. Respecto al manual de diseño geométrico de la vía existente en cada uno de los puntos en los cuales se implementó.

13.1.3. CALZADA

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos carriles en ambos sentidos; entendiéndose por carril la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. Las calzadas pueden ser pavimentadas o no. Si son pavimentadas, queda comprendida entre los bordes internos de las bermas. La demarcación que ayuda a definir los carriles y el ancho total de la calzada se debe ejecutar de conformidad con las disposiciones del "Manual de Dispositivos para la regulación del Tránsito en calles y carreteras de Colombia", del Ministerio de Transporte.

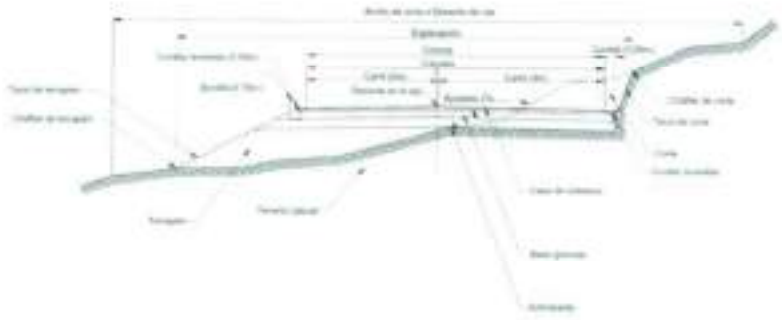


Imagen 7.Sección transversal de la vía

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008,y elaboración propia

13.1.4. ANCHO DE CALZADA

El ancho de la calzada se establece en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la Velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR). En carreteras de una sola calzada el ancho mínimo de ésta debe ser de seis metros (6 m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TH}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 13. Ancho de calzada según velocidad de diseño del tramo

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008

De acuerdo a lo anterior y de acuerdo a las características de la vía de tercer orden; se establece un ancho de calzada de 6 metros de longitud, para los tres tipos de terreno Plano, montañoso y escarpado respecto a las velocidades de diseño de 20, 30 y 40 km/h

13.1.5. PENDIENTE TRANSVERSAL

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua. Instituto Nacional de Vías Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 152 En entre tangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura.

En la Tabla 5.3 se presentan los valores correspondientes

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Tabla 14. % de bombeo de la vía

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008

A partir de lo anterior se identifica que las entretangencias de horizontales de la vía contaran con un porcentaje de bombeo del 2% a ambos lados de la sección, con el fin de permitir la evacuación de aguas escorrentias y lluvias hacia las cunetas laterales, para garantizar una superficie segura.

13.1.6. BERMAS

"La berma es la faja comprendida entre el borde de la calzada y la cuneta. Cumple cuatro funciones básicas: proporciona protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permite detenciones ocasionales de los vehículos; asegura una luz libre lateral que actúa sicológicamente sobre los conductores aumentando de este modo la capacidad de la vía y ofrece espacio adicional para maniobras de emergencia aumentando la seguridad. Para que estas funciones se cumplan, las bermas deben tener ancho constante, estar libres de obstáculos y estar compactadas homogéneamente en toda su sección". Respecto a la berma de la vía, no se contempla la ejecución en el proyecto de acuerdo a lo siguiente:

Para la ejecución del proyecto, la berma no se ejecutará de acuerdo a las especificaciones debido a que no se cuenta con un ancho disponible a lo largo de la vía, todo esto basado en la topografía generada y visitas técnicas anteriores. Para su ejecución se necesitaría la gestión de predios aledaños, tratamiento de estabilidad de taludes y obras de contención de la banca, lo cual afecta directamente la viabilidad del proyecto en términos presupuestales y de cumplimiento de metas.

13.1.7. SOBREANCHO EN LAS CURVAS

En curvas de radio reducido, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera, se debe ensanchar la calzada con el Instituto Nacional de Vías Manual de Diseño Geométrico de Carreteras objeto de asegurar espacios libres adecuados entre los vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre el vehículo y el borde de la calzada.

A partir del cumplimiento de los radios mínimos de diseño para vías de tercer orden y con peralte máximo del 6% y ante la imposibilidad de ampliar la sección de las curvas con sobreanchos debido a la disponibilidad de espacio público para su ejecución, se determina la no inclusión de estos dentro del diseño geométrico.

14. SEÑALIZACIÓN

Para establecer la señalización tanto horizontal como vertical se tomó como referencia el manual de señalización vías, de acuerdo a las características y necesidades de la vía, se especifica ubicación y especiaciones de cada una de las señales de acuerdo a su categoría en anexos de planos.

14.1. SEÑALES REGLAMENTARIAS

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las limitaciones, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su violación acarrea las sanciones previstas en el Código Nacional de Tránsito Terrestre.

Clasificación De acuerdo con su función, las señales reglamentarias se clasifican en:

- De prioridad
- De prohibición
- Prohibición de maniobras y giros
- Prohibición de paso por clase de vehículo
- Otras prohibiciones

- De restricción
- De obligación
- De autorización

14.2. SEÑALES PREVENTIVAS

Las señales preventivas tienen como propósito advertir a los usuarios de la vía la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales ayudan a que los conductores tomen las precauciones del caso, ya sea reduciendo la velocidad o realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la del resto de los vehículos y la de los peatones. Su empleo debe reducirse al mínimo posible, dado que el uso innecesario de ellas para prevenir peligros aparentes tiende a disminuir el respeto y obediencia a todas las señales.

Clasificación De acuerdo con el origen de los riesgos que previenen, las señales preventivas se clasifican en:

- Preventivas sobre Características Geométricas de la Vía
- Curvatura horizontal
- Pendientes longitudinales
- Preventivas relacionadas con la Superficie de Rodadura
- Preventivas sobre Restricciones Físicas de la Vía
- Preventivas de Intersecciones con otras Vías
- Preventivas sobre Características Operativas de la Vía
- Preventivas sobre Situaciones Especiales.

La ubicación y la directriz se marca en plano anexo con la ubicación de la señalización a lo largo de la vía a intervenir.

15. CONCLUSIONES

- El diseño geométrico planteado anteriormente permite establecer las condiciones de seguridad y estabilidad de la vía a ejecutar mediante los parámetros y normas establecidos en el manual de diseño geométrico del INVIAS del año 2008 y del manual de señalización del año 2015.partiendo de una vía existente y teniendo como limitación la no disponibilidad de terrenos alrededor de la sección de la vía, ya que estos son de carácter privado y no se cuenta con acceso a estos, por tal motivo existen limitantes de gran medida mencionadas anteriormente en este informe que cambian las condiciones iniciales de la norma.

- La pavimentación de estas vías constituye un hecho significativo desde el punto de vista del mejoramiento de la infraestructura vial ya que influye directamente en las condiciones de la población que se beneficia en el aspecto económico y social. Esto contribuye notablemente avance de las condiciones actuales de las comunidades.

- La ejecución de este tramo de vía permite generar a los actores viales que transitan por dicha vía mayor seguridad, por lo cual el riesgo de accidentes se reduce notablemente principalmente en épocas de condiciones climitas adversas como lo son las temporadas de lluvias o fenómeno de la niña.

- Respecto al mantenimiento de la vía se reduce notablemente en comparación al afirmado existente, por lo cual se disminuyen los costos de inversión hacia la vía para su funcionabilidad.

Carlos Henao Yepes
Ingeniero civil
MP: 05202-375570 ANT

16. BIBLIOGRAFÍA

- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Guía De Diseño Geométrico De Carreteras 2008.

- (TRANSPORTE, MANUAL DE SEÑALIZACION VIAL, 2015).

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

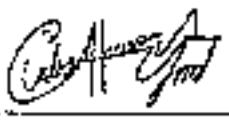
Yo, **Carlos Mario Henao Yepes** , Ingeniero Civil con **Matricula Profesional** No.05202-375570 **ANT**, con experiencia certificada en el ejercicio profesional, debidamente registrado en el **CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA**, por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad del diseño de estudios del volumen de tránsito del proyecto:

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL, por los perjuicios que a causa de ellos puedan deducirse, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones y especificaciones dadas en el DISEÑO GEOMÉTRICO.

Plan de manejo de tránsito elaborado de acuerdo con los requerimientos normativos requeridos por el **MINISTERIO DE TRANSPORTE.**

Para constancia de lo anterior se firma en la ciudad de Medellin a los 10 días del mes de junio del año 2025.

Atentamente,



Carlos Mario Henao Yepes
Ingeniero civil
MP 05202-375570 ANT

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3635913

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que CARLOS MARIO HENAO YEPES, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1037625504, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 05202-375570 desde el 06 de Diciembre de 2017, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1789.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintisiete (27) días del mes de Mayo del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad o inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.
05202-375570 ANT
Fecha de Expedición: **06/12/2017**

Nombre:
CARLOS MARIO
HENAO YEPES

Identificación:
C.C. 1037625504

Profesión:
INGENIERO CIVIL

Institución:
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza al titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.

DIRECTOR GENERAL

PRESIDENTE DEL CONSEJO

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA. Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590



ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

YCO S.A.S
DISEÑO + CONSULTORIA
NIT: 900.696.360-5

2025

HOJA DE CONTROL DE DOCUMENTO			
Nombre del documento:	DYCO-PEÑO-003-HID-INF-001-V2		
Código del documento:	DYCO-PEÑO-003-HID-INF-001-V2		
Versión: 02		**Fecha de la versión:**	**27-05-2025**

ELABORACIÓN, REVISIÓN, VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN			
Actividad	**Fecha**	**Nombre del ejecutor**	**Firma**
Elaboración	27/05/2025	Yaline Marin Totena	
Elaboración	27/05/2025	Yaline Marin Totena	
Revisión	27/05/2025	Loren Stefany Sanchez	
Verificación			

DISTRIBUCIÓN		
Persona a quien se envía	**Cargo**	**Organización**

CONTROL DE VERSIONES		
Versión	**Fecha**	
V1	15/04/2025	DYCO-PEÑO-003-HID-INF-001-V1

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 8

2. OBJETIVOS 9

2.1. OBJETIVO GENERAL 9

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS 9

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INTERVENCIÓN 10

4. CLIMATOLOGÍA 11

4.1. CLIMA 11

4.2. TEMPERATURA PROMEDIO 11

4.3. NUBES 12

4.4. LLUVIAS 13

5. ESTUDIO HIDROLÓGICO 15

5.1. METODOLOGÍA 15

5.1.1. INFORMACIÓN CURVA IDF 15

5.2. INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN (CURVA INTENSIDAD-DURACIÓN Y FRECUENCIA) 16

6. ESTUDIO HIDRÁULICO (OBRAS DE DRENAJE) 21

6.1. PERIODOS DE RETORNO DE DISEÑO 22

6.2. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 22

6.3. PRECIPITACIÓN DE DISEÑO 22

6.4. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA 23

6.5. ÁREAS AFERENTES 24

6.5.1. MÉTODO RACIONAL 26

6.6. ANCHO DE INUNDACIÓN PERMISIBLE 27

6.7. SUMIDEROS 27

6.8. CUNETAS 33

6.8.1. RESULTADOS DE LAS CUNETAS FORMADAS A PARTIR DE LA VÍA Y EL BORDILLO 34

7. CONCLUSIONES 48

8. BIBLIOGRAFÍA 50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones con influencia sobre el área de interés 16

Tabla 2. Parámetros método simplificado (Vargas & Díaz-Granados, 1998). 16

Tabla 3. Precipitación máxima en 24 horas. 17

Tabla 4. Estación pluviométrica El Peñol-Curva intensidad-duración-frecuencia (valores en mm/h) 19

Tabla 5. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial 22

Tabla 6. Precipitación Estación El Peñol 23

Tabla 7. Coeficientes de Escorrentía. (Minvivienda, s.f.) 23

Tabla 8. Ancho de inundación admisible según clasificación de la vía 27

Tabla 9. Parámetros de diseño de sumideros 30

Tabla 10. Resultados de capacidad de sumideros propuestos o existentes 31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto 10

Figura 2. Clima de El Peñol, Antioquia. (Weather Spark, s.f.) 11

Figura 3. Temperatura promedio de El Peñol, Antioquia. (Weather Spark, s.f.) 12

Figura 4. Nubosidad- Peñol-Antioquia. (Weather Spark, s.f.) 13

Figura 5. Lluvias- Peñol-Antioquia. (Weather Spark, s.f.) 14

Figura 6. Curva IDF de la Estación El Peñol 20

Figura 7. Áreas aferentes de vía a ubicada al ingreso de la vereda Horizontes y al centro de acopio del Municipio de El Peñol 25

Figura 8. Áreas aferentes de vía a pavimentar Carrera 23C 26

Figura 9. Sumidero tipo rejilla, isométrico 29

Figura 10. Sumidero de rejilla, planta 30

Figura 11. Sumidero de rejilla, sección transversal 30

Figura 12. Dimensiones de Sumideros, tipo A y B 30

Figura 13. Anchos máximos de inundación en la vía ubicada a la entrada de la vereda Horizontes y al centro de acopio 32

Figura 14. Datos de entrada para cuneta C01 35

Figura 15. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C01 35

Figura 16. Datos de entrada para cuneta C02 36

Figura 17. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C02 37

Figura 18. Datos de entrada para cuneta C03 38

Figura 19. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C03 38

Figura 20. Datos de entrada para cuneta C04 39

Figura 21. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C04 40

Figura 22. Datos de entrada para cuneta C05 41

Figura 23. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C05 41

Figura 24. Datos de entrada para cuneta C06 42

Figura 25. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C06 43

Figura 26. Datos de entrada para cuneta C07 44

Figura 27. Resultados de la vía ubicada a la entrada de la vereda horizontes y punto de acopio, en el tramo C07 45

Figura 28. Cuneta C07-Especificaciones 45

Figura 29. Datos de entrada para cuneta C08 46

Figura 30. Resultados de la vía ubicada a la entrada de la vereda horizontes y punto de acopio, en el tramo C08 47

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe expone la evaluación hidrológica e hidráulica del proyecto denominado *"Estudios y diseños para la construcción de pavimento en asfalto caliente para el sector La Esperanza, comprendido entre la carrera 23C y las transversales 15 y 8, zona urbana, así como el ingreso a la vereda Horizonte y al centro de acopio del municipio de El Peñol"*. Este proyecto contempla la pavimentación de dos tramos viales ubicados en dicho municipio, por lo que es fundamental garantizar que estas vías no presenten problemas de inundación, asegurando una adecuada recolección y conducción de las aguas de escorrentía generadas en la zona.

Para tal fin, se realiza un estudio hidrológico que permite conocer la distribución y la intensidad de la precipitación en el área, con el propósito de estimar el caudal de escorrentía superficial. Posteriormente, se lleva a cabo una evaluación hidráulica de la vía, identificando su vulnerabilidad ante eventos de lluvia (inundación) y determinando las estructuras de drenaje más adecuadas para evacuar eficientemente las aguas.

Este documento contiene los estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto, abordando los siguientes aspectos:

- Metodología
- Recopilación y análisis de información existente
- Caracterización de la zona de estudio
- Justificación de fórmulas empleadas

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación hidrológica e hidráulica del proyecto de pavimentación en asfalto caliente para el sector La Esperanza, en el municipio de El Peñol, con el fin de garantizar la adecuada recolección y conducción de las aguas de escorrentía, evitando problemas de inundación en los tramos viales intervenidos, mediante la estimación de la precipitación, el cálculo de caudales de escorrentía y la determinación de las estructuras de drenaje más apropiadas.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Caracterizar las condiciones hidrológicas de la zona de estudio, mediante la recopilación y análisis de información climatológica de hidrometeorológica existente, para determinar la distribución y la intensidad de la precipitación.
- Calcular los caudales de escorrentía generados en los tramos viales del proyecto, aplicando metodologías técnicas apropiadas que permitan dimensionar adecuadamente las estructuras de drenaje.
- Evaluar la capacidad hidráulica de las vías y diseñar las soluciones de drenaje necesarias, con el fin de mitigar el riesgo de inundaciones y asegurar el adecuado funcionamiento del sistema vial.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INTERVENCIÓN

El municipio de El Peñol está ubicado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia. Limita por el norte con el municipio de Concepción; por el nororiente con el municipio de Alejandría; por el occidente con los municipios de San Vicente, El Santuario y Marinilla; por el sur con el municipio de Granada y por el oriente con el municipio de Guatapé.

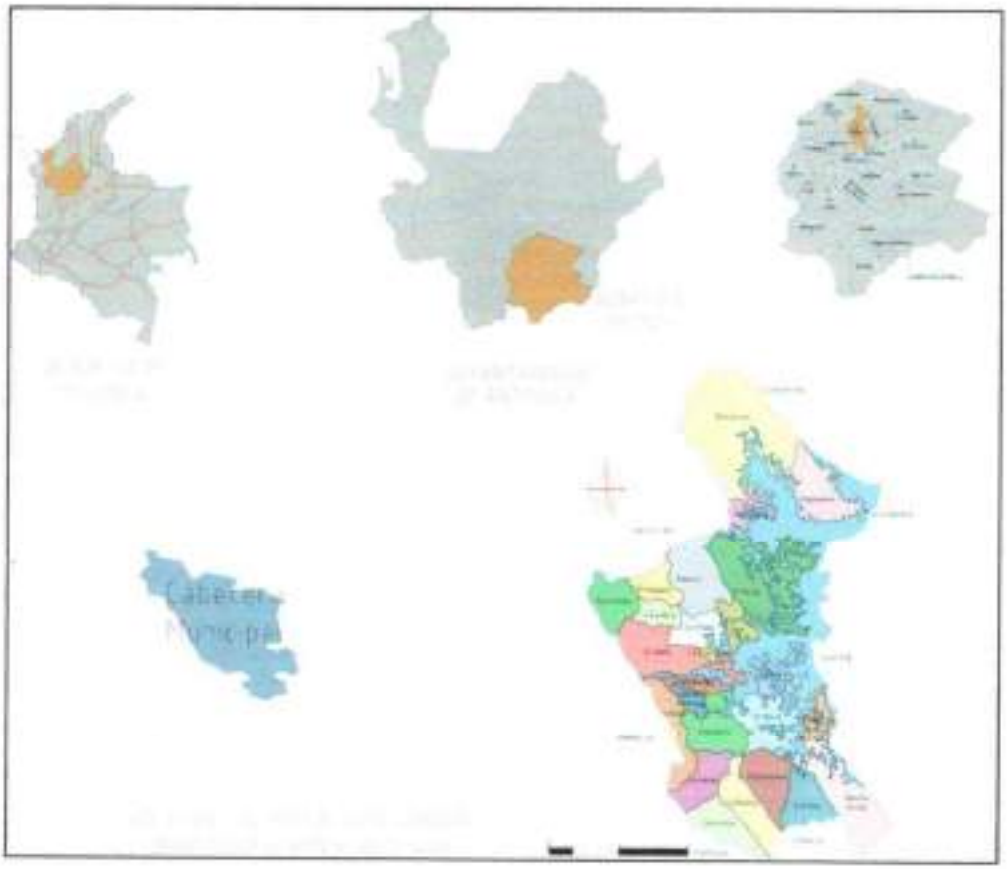


Figura 1. Localización general del proyecto

4. CLIMATOLOGÍA

4.1. CLIMA

En el peñol, la temperatura generalmente varía de 14°C a 24°C y rara vez baja a menos de 12°C o sube a más de 26°C. (Weather Spark, s.f.)

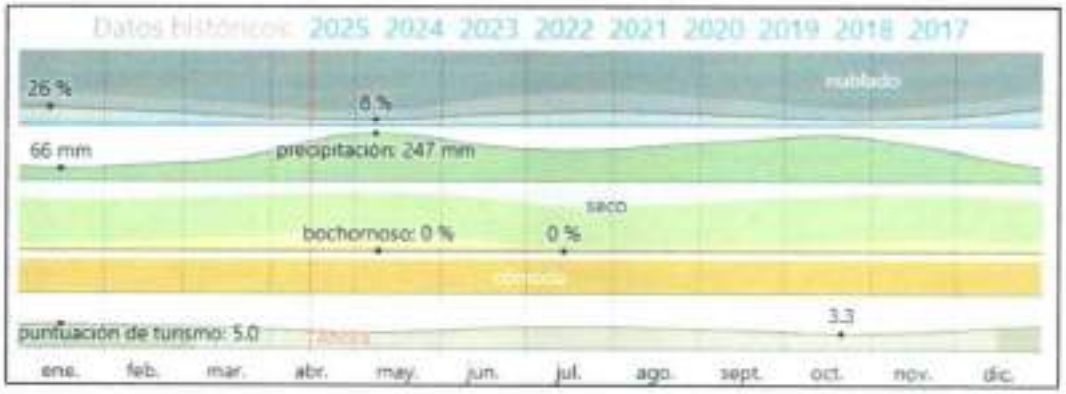


Figura 2. Clima de El Peñol, Antioquia. (Weather Spark, s.f.)

4.2. TEMPERATURA PROMEDIO

El período más templado se extiende aproximadamente por 3.1 meses, desde el 13 de junio hasta el 16 de septiembre, durante el cual la temperatura máxima diaria promedio supera los 23 °C. El mes más cálido del año es mayo, con temperaturas promedio que oscilan entre una máxima de 23 °C y una mínima de 15 °C.

Por otro lado, la temporada más fresca tiene una duración de alrededor de 2.5 meses, entre el 15 de octubre y el 31 de diciembre, con temperaturas máximas diarias promedios inferiores a 22 °C. El mes más frío es noviembre, registrando una temperatura mínima promedio de 14 °C y una máxima de 22 °C.

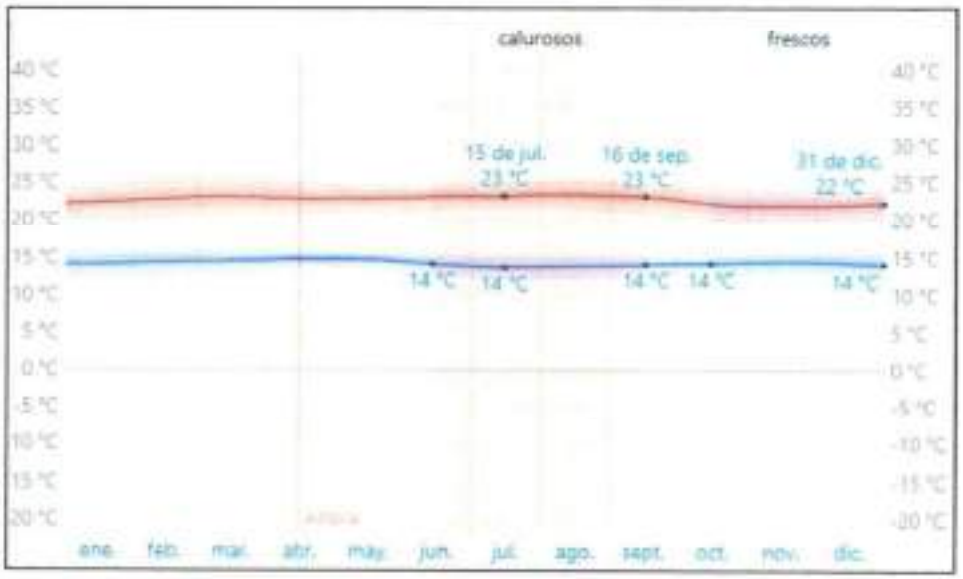


Figura 3. Temperatura promedio de El Peñol, Antioquia. (Weather Spark, s.f.

4.3. NUBES

En el municipio de El Peñol, la variación en el porcentaje de cielo cubierto por nubes a lo largo del año es relativamente baja. La época con mayor claridad en el cielo inicia alrededor del 10 de diciembre y se extiende por aproximadamente 2.8 meses, finalizando cerca del 4 de marzo. Enero es el mes con mayor predominancia de cielos despejados, en el que, en promedio, el cielo se encuentra despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado durante el 25% del tiempo. En contraste, el periodo más nublado del año comienza cerca del 4 de marzo y se prolonga por unos 9.2 meses, concluyendo alrededor del 10 de diciembre.

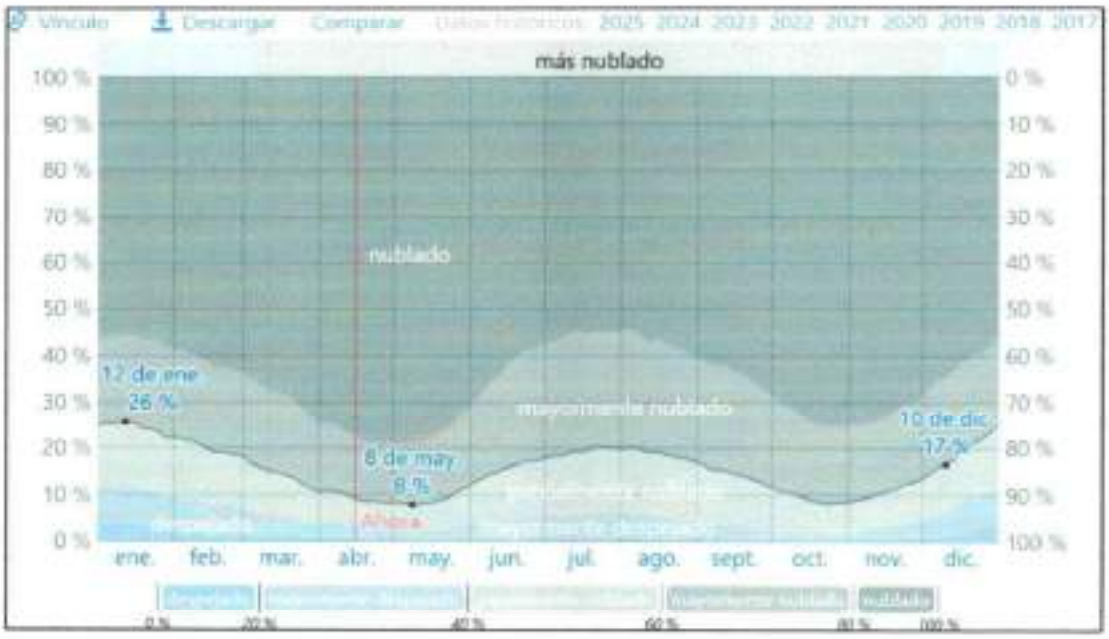


Figura 4. Nubosidad- Peñol-Antioquia. (Weather Spark, s.f.

4.4. LLUVIAS

El mes más lluvioso en el municipio de El Peñol es mayo, con una precipitación promedio de aproximadamente 244 milímetros. Por el contrario, enero se registra como el mes más seco del año, con un promedio de 66 milímetros de lluvia.

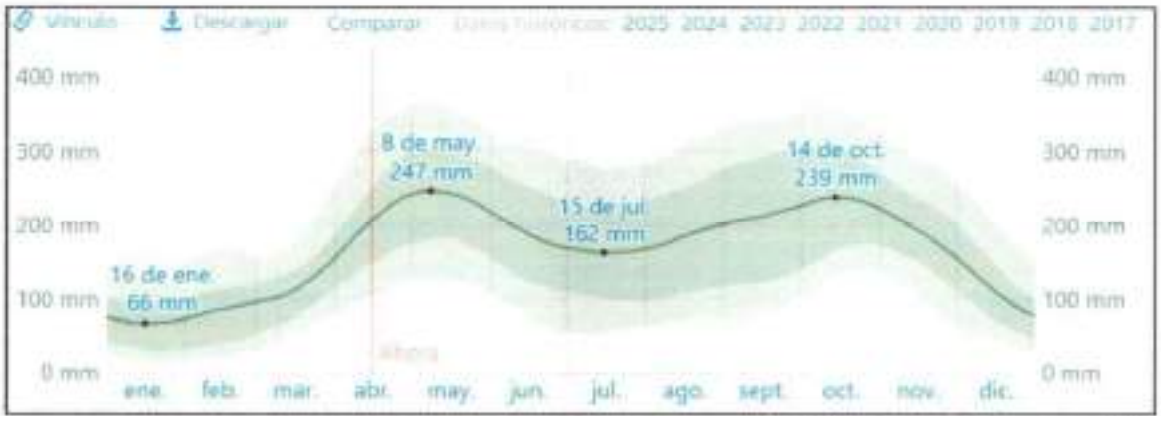


Figura 5. Lluvias- Peñol-Antioquia. (Weather Spark, s.f.)

5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

5.1. METODOLOGÍA

Las actividades necesarias para la elaboración del estudio de hidrología son las siguientes:

a) Consecución de información secundaria

Consecución de información hidroclimatológica, obtenida a partir de la base de datos de las estaciones del IDEAM.

b) Precipitación e Intensidad

La intensidad de la precipitación se estima a partir de la estación EL PEÑOL. Estos resultados se obtienen aplicando las ecuaciones definidas, el periodo de retorno y el tiempo de concentración.

c) Recopilación y análisis de información existente

El estudio se realiza con información secundaria recopilada en bases cartográficas del Municipio de Antioquia y las bases de datos de las estaciones IDEAM, complementada con información primaria recolectada por el consultor durante el trabajo de campo y los estudios previos realizados.

5.1.1. INFORMACIÓN CURVA IDF

La curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) utilizada para el análisis hidrológico corresponde a la estación El Peñol (código 23085110), la cual presenta una cobertura del 100 % sobre el área de estudio. Esta estación fue seleccionada por ser la única en la zona con un registro histórico de datos suficientemente completo y confiable para llevar a cabo el estudio. El análisis se fundamentó en la curva de intensidad derivada de los tiempos de concentración, permitiendo estimar con precisión las precipitaciones de diseño requeridas para el proyecto.

En la siguiente tabla se presenta el nombre, el tipo, el código y el municipio donde está ubicada la estación.

Tabla 1. Estaciones con influencia sobre el área de interés

Código	Entidad administradora	Tipo	Nombre de la Estación	Municipio	Departamento
23085110	IDEAM	Pluviométrica	El Peñol	El Peñol	Antioquia

5.2. INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN (CURVA INTENSIDAD-DURACIÓN Y FRECUENCIA)

Para obtener la intensidad a partir de las series de precipitación máxima promedio anual se empleó el método simplificado (Vargas & Díaz-Granados, 1998):

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde,

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual.

T: Periodo de retorno, en años.

t: Duración de la lluvia, en minutos.

a,b,c,d: Parámetros regionalizados (adimensional)

A continuación, se presentan los parámetros que se tuvieron en cuenta para la construcción de estas curvas IDF.

Tabla 2. Parámetros método simplificado (Vargas & Díaz-Granados, 1998).

Región	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2

Región	a	b	c	d
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Los parámetros seleccionados corresponden a la región Andina, siendo 0.94, 0.18, 0.66 y 0.83 los valores de a, b, c y d respectivamente.

De acuerdo con los registros, se obtuvieron los siguientes resultados de precipitación máxima en 24 horas.

Tabla 3. Precipitación máxima en 24 horas.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS													
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÁXIMO ANUAL
1980	27.3	44.2	45.2	23.0	38.5	26.5	35.7	22.0	53.8	52.1	58.4	41.0	58.4
1981	4.2	22.6	48.0	45.3	58.0	50.7		35.5	50.2				58.0
1982											36.2	45.2	45.2
1983	12.2	11.5	40.3	56.8	32.6	27.5	47.9	27.7	45.3	65.2	20.9	36.2	65.2
1984	38.9	27.2	48.3	30.5	34.1	39.3	47.9	27.4	47.7	48.8	40.3	31.9	48.8
1985	5.2	27.0	38.6	35.4	47.5	27.5	44.5	34.9	48.5	34.8	28.3	46.8	48.5
1986	30.9	21.0	54.4	48.6	43.5	37.4	20.1	33.3	41.9	60.5	36.4	55.8	60.5
1987	21.5	17.7	38.6	38.0	31.0	24.0	38.6	32.8	124.0	65.5	26.0	55.0	124.0
1988	20.5	50.5	33.8	60.0	45.6	42.8	28.8	62.4	31.9	50.1	85.0	35.4	85.0
1989	48.6	27.0	26.3	61.1	52.9	35.4	24.9	48.3	51.0	44.5	18.0	40.0	61.1
1990	34.1	28.3	21.7	33.5	48.6	42.7	29.5	45.0	59.8	49.8	63.6	35.8	63.6
1991	12.5	41.1	14.5	53.4	80.0	38.0	41.0	76.0	65.2	44.0	23.0	18.3	80.0
1992	19.9	43.3	23.2	37.6	69.0	33.0	42.0	37.0	51.4	24.0	41.5	19.7	69.0
1993	30.0	20.4	31.8	33.8	41.0	32.8	31.4	39.4	40.2	38.6	52.4	40.4	52.4

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS													
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÁXIMO ANUAL
1994	42.8	44.8	32.0	41.7	28.2	26.4	23.7	43.6	75.6	103.0	64.8	39.4	103.0
1995	10.0	62.0	30.0	26.3	56.5	29.5	35.8	56.4	21.0	62.3	23.8	60.4	62.3
1996	43.6	38.7	35.5	43.0	92.5	53.5	39.0	28.8	32.4	38.4	31.5	1.2	92.5
1997	41.3	25.5	38.7	32.2	21.8	74.5	31.0	33.4	43.7	48.6	34.8	11.0	74.5
1998	11.5	17.0	19.7	29.9	35.7	31.0	37.3	74.5	53.1		59.6	15.0	74.5
1999	32.4			31.4		30.2	30.2	25.0	50.2	46.8	50.2	45.3	50.2
2000	19.4	43.5	41.8	42.9	44.0	63.1	46.4	50.2	53.5	67.3	50.7	13.9	67.3
2001	27.5	26.8	22.6	20.4	48.6	28.0	47.0	37.5	40.4	51.4	46.6	57.3	57.3
2002	23.0	70.0	30.8	58.3	84.0	34.8	30.0	32.7	41.6	29.4	46.7	26.6	84.0
2003	3.0	42.4	35.5	35.0				40.2	60.2	50.8	30.2	20.8	60.2
2004	40.5	30.4	40.6	42.0	40.6	16.0	40.4	40.2	30.4	30.2	31.0	27.5	42.0
2005	18.0	22.4	40.0	40.2	50.2	75.2	40.6	56.9	50.2	40.6	16.2	21.2	75.2
2006			96.0	35.0	49.0	39.0	35.0	30.0	46.0	50.0	57.0	25.0	96.0
2007	25.0	7.0	29.0	28.0	42.0	15.0	86.0	35.0	28.0		58.5	48.4	86.0
2008	53.0	14.9	48.0	81.8	44.8	32.7	53.8	26.2	33.8	57.8	44.2	29.5	81.8
2009	57.0	20.6	39.0	45.8	22.0	41.8	27.4	35.4	16.2	49.8	29.4	23.2	57.0
2010	6.4	22.2	30.2	49.0	44.5	28.2	42.0	46.0	60.3	55.0	87.8	49.0	87.8
2011	35.4	25.1	39.3	90.0	36.9	25.8	52.2	57.3	23.4	40.1	48.0	36.7	90.0
2012	67.4	14.4	41.0	72.6	47.6	28.5	19.6	37.3	19.0	44.2	48.0	13.0	72.6
2013	40.3	34.2	19.8	34.4	70.2	35.8	18.3	54.6	50.2	45.5	55.9	32.2	70.2
2014	24.6	19.5	36.8	38.2	53.8	44.2	10.1	28.6	39.8	35.0	32.4	47.1	53.8
2015	20.5	29.5	48.1	45.0	45.2	25.4	44.6	30.1	57.3	31.2	58.1	4.0	58.1

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS													
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÁXIMO ANUAL
2016	20.7	58.1	39.8	77.5	37.9	16.1	58.1	31.7	45.9	42.4	32.4	69.2	77.5
2017	48.2	29.1	58.2	38.6	59.6	63.3	23.7	40.1	42.9	45.4	47.5	18.2	63.3
2018	84.6	31.1	18.7	39.7	49.7	19.8	29.7	29.8	19.8	48.9	114.5	7.6	114.5
2019	21.5	30.0	57.2	31.0	66.8	19.5	26.4	14.4	48.4	39.9	49.5	49.8	66.8
2020	5.4	37.6	29.6	30.0	25.3	25.6		46.0	25.6	19.3	49.5	48.6	49.5
2021	6.6	44.4	49.8	39.0	34.7	33.0	39.7	21.7	34.0	27.0	53.0	14.8	53.0
2022	42.4	29.7	87.4	59.6	48.0	35.0	49.6	37.8	45.6	42.8	69.0	40.0	87.4
2023	15.8	32.5	38.0	36.4	74.0	40.0	29.7	26.7	19.0	38.9	39.7	28.5	74.0
2024	2.7	23.0	28.0	30.0	42.0	93.5	18.9	35.0	25.0	33.5	52.0	64.0	93.5
2025	18.0	47.0	19.3	43.2									47.0

Obteniendo una precipitación máxima promedio anual en 24 horas de 72.24 mm.

Tabla 4. Estación pluviométrica El Peñol-Curva intensidad-duración-frecuencia (valores en mm/h)

Duración (min)	Tr					
	2.33	5	10	25	50	100
5	196.91	225.93	255.95	301.84	341.95	387.39
10	124.62	142.98	161.98	191.03	216.41	245.17
15	95.36	109.41	123.95	146.18	165.60	187.61
20	78.87	90.49	102.52	120.90	136.96	155.16
25	68.07	78.10	88.48	104.34	118.21	133.92
30	60.35	69.24	78.45	92.51	104.81	118.73
35	54.51	62.55	70.86	83.56	94.67	107.25
40	49.92	57.27	64.88	76.51	86.68	98.20
45	46.18	52.99	60.03	70.79	80.20	90.86
50	43.08	49.43	56.00	66.04	74.81	84.75
55	40.45	46.41	52.58	62.01	70.25	79.59

Duración (min)	Tr					
	2.33	5	10	25	50	100
60	38.20	43.82	49.65	58.55	66.33	75.14
65	36.23	41.57	47.09	55.54	62.92	71.28
70	34.50	39.58	44.84	52.89	59.91	67.87

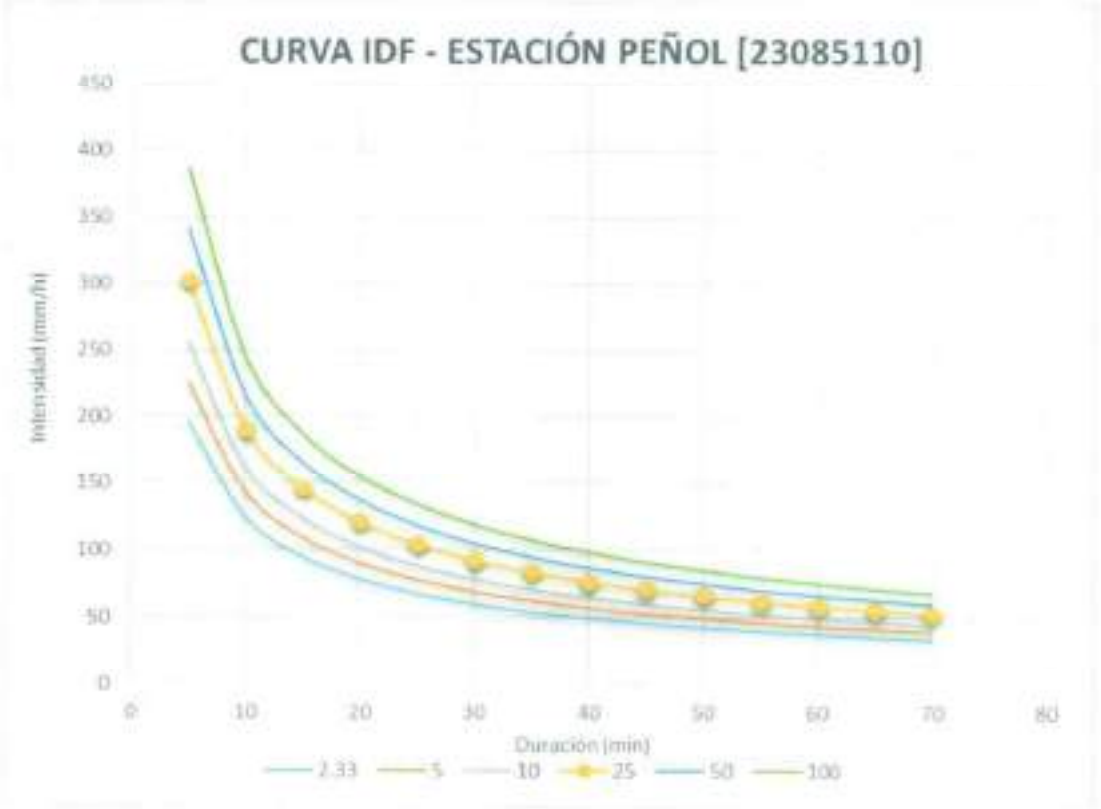


Figura 6. Curva IDF de la Estación El Peñol

6. ESTUDIO HIDRÁULICO (OBRAS DE DRENAJE)

El estudio hidráulico del proyecto tiene como propósito analizar el comportamiento de la vía frente al escurrimiento superficial, evaluando su funcionamiento hidráulico. En este contexto, la vía actúa como una cuneta, ya que los bordillos y la calzada conforman canales que recogen y conducen el agua de escorrentía hacia los sumideros existentes o proyectados.

El análisis se enfoca en determinar el ancho de inundación generado por el caudal de escorrentía. Para calcular este caudal, se utiliza el método racional, considerando el período de retorno y el tiempo de concentración sugeridos por el Manual de Drenajes para Carreteras del INVÍAS, específicamente para cunetas. Con estos parámetros, se estima el ancho de inundación y se compara con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 0330 de 2017.

Es importante resaltar que el área de estudio se encuentra en una zona urbana, por lo cual las estructuras principales de drenaje son cunetas y sumideros. En los tramos donde el ancho de inundación supere el valor máximo permitido, se propondrá el diseño de una cuneta adicional que permita captar y conducir el agua de manera eficiente. Por el contrario, si el ancho de inundación se mantiene dentro de los valores aceptables, no será necesario incorporar cunetas adicionales, ya que el flujo podrá dirigirse hacia los sumideros a través del canal conformado por el bordillo y la calzada.

El diseño de los drenajes que se presenta a continuación se elaboró con base en el plano **PMPENL_AA_D_PL_03_33DE78_Planta General**, correspondiente al Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado del municipio de El Peñol, el cual fue suministrado por la administración municipal. A partir de este plano, se verificó la ubicación de las cámaras de inspección, que son las estructuras receptoras de los drenajes diseñados. La revisión conjunta del diseño propuesto y del plano del Plan Maestro permitió confirmar que el sistema de drenaje es funcional y cumple en su totalidad con la normativa vigente.

A continuación, se detallan los criterios utilizados para la evaluación hidráulica de las vías en cuestión.

6.1. PERIODOS DE RETORNO DE DISEÑO

En la siguiente tabla se presentan los periodos de retorno de diseño para las obras de drenaje vial, según lo recomendado por el Manual de Drenajes del INVIAS.

Tabla 5. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
Cunetas.	5
Zanjas de Coronación.	10
Estructuras de Caída.	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro.	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro.	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m.	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m.	100
Drenaje subsuperficial.	2

El periodo de retorno utilizado para evaluar la vía hidráulicamente corresponde a 5 años, lo cual corresponde a cunetas.

6.2. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Según lo recomendado por el Manual de Drenaje del INVIAS, el tiempo de concentración es de 10 minutos.

6.3. PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

De acuerdo con la curva IDF de la estación de El Peñol y dado la influencia de ésta sobre el proyecto y el tiempo de concentración seleccionado se determinó una precipitación de diseño que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6. Precipitación Estación El Peñol

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)
	TR 5 AÑOS
10	142.98

6.4. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía depende del tipo de suelo, es importante resaltar que para las áreas en donde existe más de un tipo de coberturas, el coeficiente de escorrentía representativo para toda el área debe calcularse como el promedio ponderado de los coeficientes individuales para cada sub-área.

Tabla 7. Coeficientes de Escorrentía. (Minvivienda, s.f.)

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0.90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.90
Vías adoquinadas	0.85
Zonas comerciales o industriales	0.90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos.	0.75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines.	0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados.	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios.	0.30
Laderas sin vegetación.	0.60
Laderas con vegetación.	0.30
Parques recreacionales.	0.30

6.5. ÁREAS AFERENTES

Las áreas de aporte se delimitaron siguiendo la topografía del terreno y las recomendaciones del Manual de Drenajes para Carreteras del INVÍAS. Este manual establece un ancho de impluvium de 25 metros para vías en terrenos montañosos, aplicable únicamente en el costado correspondiente a la ladera.

Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las obras de drenaje existentes en cada tramo. Para el tramo ubicado en el ingreso a la vereda Horizontes y al centro de acopio, el drenaje se realiza a través de cunetas laterales y sumideros. En el caso de la vía ubicada en la carrera 23C, se cuenta con sumideros, por lo que las áreas de aporte fueron delineadas desde un sumidero hasta el siguiente, dado que el agua de escorrentía es captada y conducida directamente hacia la estructura de manejo hidráulico (MH), evitando así acumulaciones de aguas lluvias en superficie.

En la vía ubicada al ingreso de la vereda horizontes y al centro de acopio del municipio, se proyectaron seis sumideros. De estos, cuatro (S01, S02, S04 y S05) se diseñan específicamente para captar las aguas de escorrentía provenientes de vías externas al proyecto, cuyas descargas confluyen en el tramo de interés.

De igual manera en esta vía también se proyecta la demolición y reconstrucción de 44,024 metros lineales de cuneta, correspondientes al tramo ubicado dentro de la zona de intervención del proyecto.

Las áreas de aporte provenientes de vías existentes que no serán intervenidas se representan en color gris. Aunque estas zonas no hacen parte directa del proyecto, generan escorrentía superficial que incide sobre el área de estudio. Por esta razón, se contempla la implementación de sumideros que permitan captar y conducir adecuadamente estas aguas, garantizando así un manejo eficiente del drenaje.

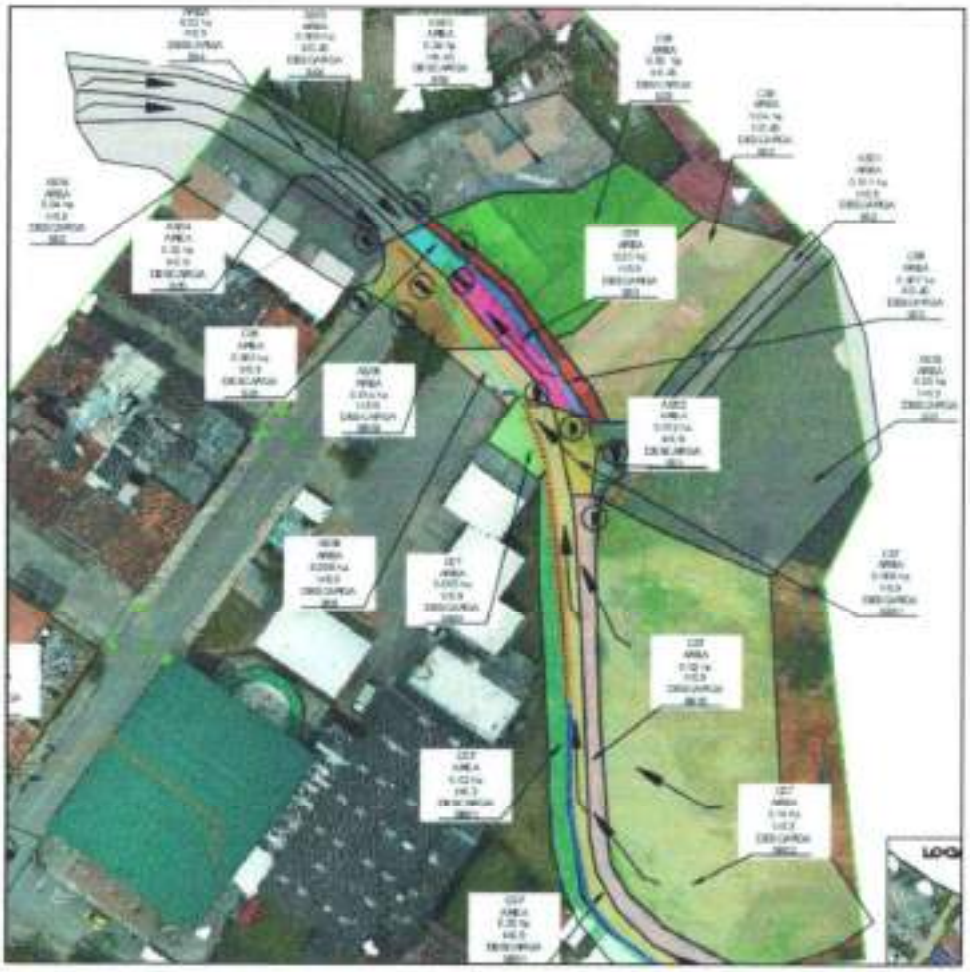


Figura 7. Areas aferentes de vía a ubicada al ingreso de la vereda Horizontes y al centro de acopio del Municipio de El Peñol



Figura 8. Áreas aferentes de vía a pavimentar Carrera 23C

6.5.1. MÉTODO RACIONAL

El método racional es un modelo empírico simple utilizado en el diseño de sistemas de drenajes con áreas relativamente pequeñas (<5 km2).

El Método Racional calcula el caudal pico de aguas lluvias utilizando la intensidad media del evento de precipitación, con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de impermeabilidad.

El caudal medido a la salida de esta cuenca pequeña durante un período de lluvia uniforme debe incrementarse hasta un valor máximo que se mantiene constante hasta que se detenga la lluvia.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Donde,

Q: caudal punta para un determinado período de retorno (m^3/s).

C: coeficiente de escorrentía (adimensional).

i: máxima intensidad media en el intervalo de duración Tc, para el mismo período de retorno (mm/h).

Área: superficie del sitio (Km^2).

6.6. ANCHO DE INUNDACIÓN PERMISIBLE

Según la resolución 0330 del 2017 una vía tiene un ancho de inundación admisible según el ancho de la vía como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Ancho de inundación admisible según clasificación de la vía

Ancho de la vía (m)	Ancho de inundación admisible (m)
<6	2.00
>=6 y <7	3.00
>=7 y <9	3.50
>=9	4.00
• Nota: si el bombeo es a los dos costados de la vía el ancho de inundación admisible deberá dividirse en dos (2).	

6.7. SUMIDEROS

Los sumideros son las estructuras diseñadas para recolectar la escorrentía que drena a través de las calles. Estas estructuras deben ser convenientemente ubicadas y dimensionadas. Los sumideros tienen cajas o cámaras, las cuales están conectadas a la red de alcantarillado. (Minvivienda, s.f.)

Para calcular los sumideros de rejilla se debe tener en cuenta que el valor del caudal captado por el sumidero es despreciable y la longitud de la rejilla debe ser mayor que Lo. Para calcular el valor de Lo se debe hacer uso de la siguiente ecuación.

$$L_o = k \times y \times \frac{v}{\sqrt{g \times y}}$$

Donde:

Lo= Longitud mínima de rejillas (m).

K= Coeficiente que depende de la geometría de la rejilla y de la separación entre barras (adimensional).

Y= Profundidad de flujo de aproximación al sumidero (m).

V= Velocidad de aproximación al sumidero (m/s).

g= Aceleración de la gravedad (m/s)

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de los sumideros propuestos y existentes, con el objetivo de verificar si cuentan con la capacidad hidráulica requerida. En este caso, todos los sumideros evaluados cumplen con lo establecido por la normativa vigente. Cabe destacar que todos corresponden al tipo B sencillo.

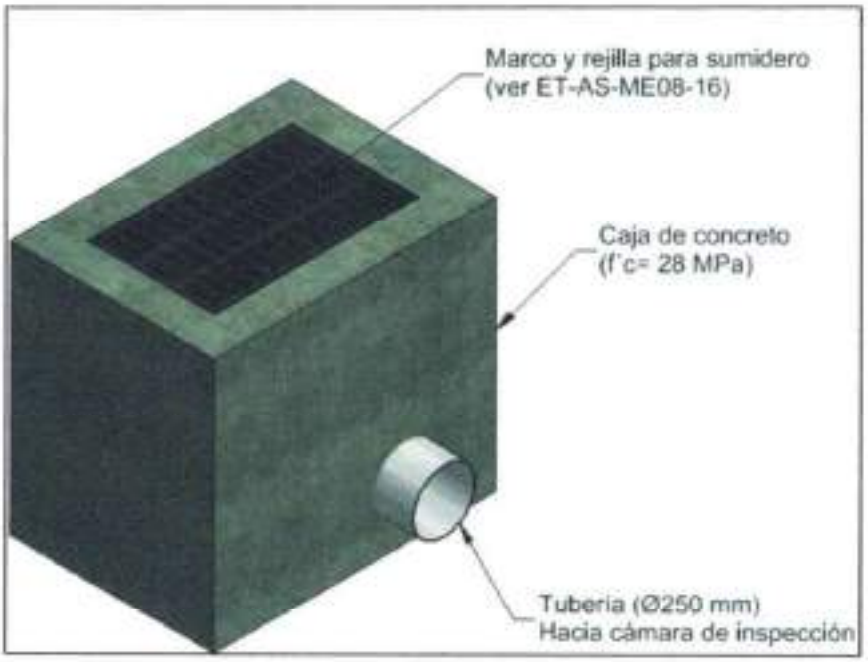


Figura 9. Sumidero tipo rejilla, isométrico

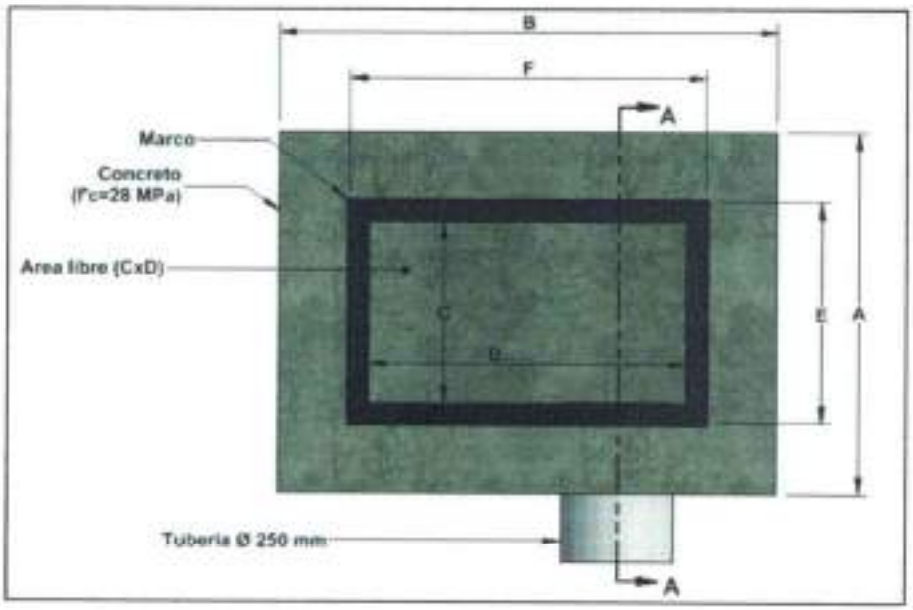


Figura 10. Sumidero de rejilla, planta

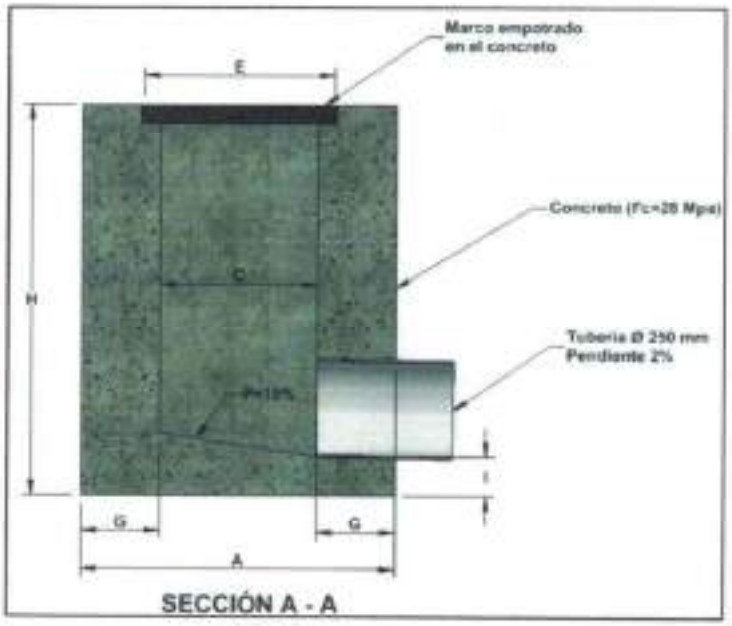


Figura 11. Sumidero de rejilla, sección transversal

Sumidero	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	F (m)	G (m)	H (m)	I (m)
Tipo A	0.70	0.90	0.30	0.50	0.40	0.60	0.20	Varia	0.10
Tipo B	0.80	1.10	0.40	0.70	0.50	0.80	0.20	Varia	0.10

Figura 12. Dimensiones de Sumideros, tipo A y B

Tabla 9. Parámetros de diseño de sumideros

PARAMETROS DE DISEÑO BASE				
Parámetros	**Nomenclatura**	**Unidad**	**Referencia**	**Valor**
Ancho de Inundación admisible de la vía	T	m	RAS (2010)	2.00, 1.75 o 1.5
Rugosidad "n"	n	-	Chow (1959)	0.013
Coeficiente de rejilla	K	-	Morales, 2016 - Universidad de Chile.	4

Tabla 10. Resultados de capacidad de sumideros propuestos o existentes

No. De Identificación del Sumidero	Área de Drenaje, m2	Pendiente Longitudinal de la vía "SL" (m/m)	Pendiente Transversal de la vía "SX" (m/m)	Caudal área de drenaje del sumidero, m3/s	Profundidad del agua en la orilla de la sección transversal de la cuneta (m) (y)	Ancho de la superficie libre en la sección (m) (T)	Velocidad de flujo (m/s)	Longitud mínima de la rejilla (m)	Ancho de sumidero Tipo B Ref. EPM	Longitud de sumidero Tipo B Ref. EPM	Tipo de rejilla a emplear	Verificación longitud del sumidero	Verificación ancho de la superficie libre de la sección
S01	1068	0.030	0.020	0.012	0.026	1.29	0.73	0.15	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
S02	110	0.030	0.020	0.003	0.015	0.77	0.51	0.08	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
SE01	2375	0.030	0.020	0.018	0.030	1.51	0.80	0.18	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
S03	1142	0.030	0.020	0.018	0.030	1.49	0.80	0.18	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
S04	641	0.030	0.020	0.011	0.025	1.26	0.71	0.14	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
S05	567	0.030	0.020	0.016	0.028	1.42	0.77	0.17	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
SE02	145	0.030	0.020	0.002	0.013	0.66	0.46	0.07	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
S06	63	0.030	0.020	0.002	0.012	0.62	0.45	0.06	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
SE03	76	0.090	0.020	0.002	0.011	0.54	0.71	0.09	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
SE04	914	0.090	0.020	0.025	0.028	1.38	1.31	0.28	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
SE05	353	0.090	0.020	0.010	0.019	0.97	1.03	0.18	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
SE06	478	0.090	0.020	0.013	0.022	1.08	1.12	0.21	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
SE07	503	0.090	0.020	0.014	0.022	1.10	1.13	0.22	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE
SE08	711	0.090	0.020	0.019	0.025	1.26	1.23	0.25	0.50	0.80	Sencillo	CUMPLE	CUMPLE

Como se puede observar, todos los sumideros evaluados cumplen con los requerimientos establecidos por la normativa vigente. En la carrera 23C, el ancho máximo de inundación permitido es de 1.5 metros, dado que la vía presenta pendiente a dos aguas y su ancho total oscila entre 6 y 7 metros. En contraste, en el tramo de vía ubicado en la entrada a la vereda Horizontes, el ancho máximo de inundación permitido es de 2 metros, ya que en este tramo la vía tiene una pendiente con un solo bombeo. Por su parte, el tramo cercano al centro de acopio también cuenta con pendiente a dos aguas, por lo que su ancho máximo permisible de inundación es de 1.5 metros. En este sentido, se concluye que todas las vías analizadas cumplen con los criterios hidráulicos establecidos por la normativa.

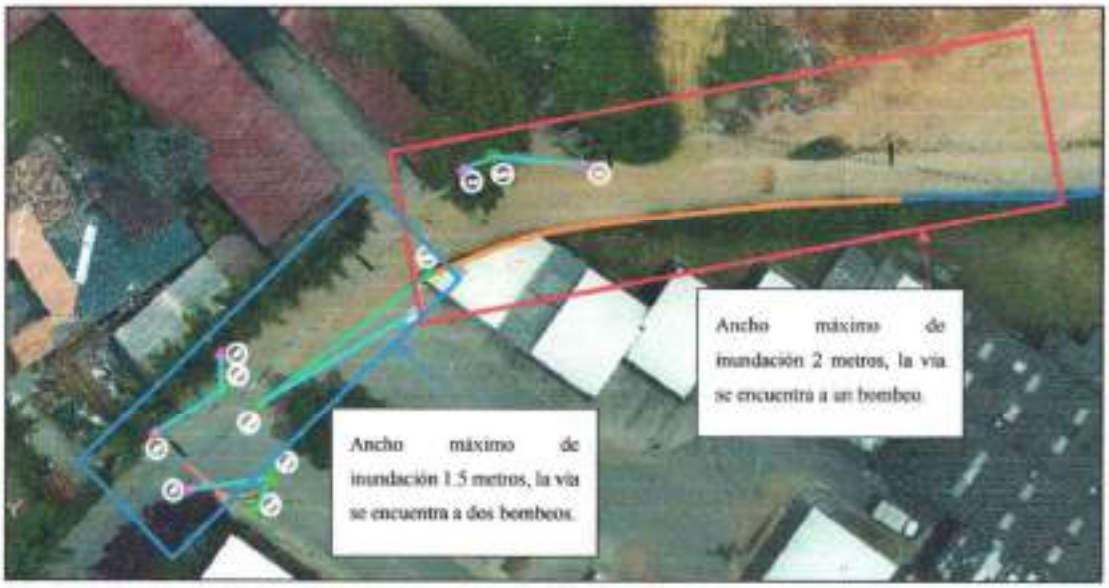


Figura 13. Anchos máximos de inundación en la vía ubicada a la entrada de la vereda Horizontes y al centro de acopio

6.8. CUNETAS

Las berma-cunetas, son las encargadas de transportar las aguas de escorrentía de las vías hacia las obras transversales.

Para su diseño se parte del cálculo de caudales aplicando el método racional, el cual corresponde producto del área tributaria que llega por escorrentía a la berma-cuneta, el coeficiente de escorrentía y la intensidad de la lluvia en la zona.

El coeficiente de escorrentía es tomado según lo indicado en el Manual de Drenajes para Carreteras del INVIAS.

Para establecer la capacidad de la cuneta se emplea la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R h^{2/3} \sqrt{s}$$

En donde;

Q: caudal transportado por el canal (m3/s)

n: coeficiente de rugosidad de Manning.

A: área mojada (m2)

R: radio hidráulico (m)

S: pendiente de la cuneta (m/m).

Se calcula entonces el caudal que llega a la cuneta (Método Racional) y se compara con la capacidad que tiene la cuneta, la cual se determina con la fórmula de Manning, esta última debe ser mayor, caso contrario se produce una insuficiencia hidráulica de la estructura.

6.8.1. RESULTADOS DE LAS CUNETAS FORMADAS A PARTIR DE LA VÍA Y EL BORDILLO

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación hidráulica realizada para cada una de las vías objeto de estudio. Para este análisis se empleó el software Autodesk Civil 3D, utilizando la extensión Hydraflow Express, la cual permite modelar canales a partir de los parámetros hidráulicos ingresados. El diseño vial contempla, en su mayoría, vías con pendiente transversal a dos aguas, con excepción de un tramo ubicado en la entrada a la vereda Horizontes, donde se presenta un solo bombeo con una pendiente transversal del 2%. En cuanto a la pendiente longitudinal, esta varía según el tramo: en la carrera 23C se registra una pendiente del 9%, mientras que en los tramos correspondientes a la entrada de la vereda Horizontes y al centro de acopio, la pendiente longitudinal es del 3%.

Hydraflow Express proporciona, entre otros, los siguientes resultados hidráulicos: profundidad del flujo (Depth, m), caudal (Q, m^3/s), área hidráulica (Area, m^2), velocidad del flujo (Vel, m/s), perimetro mojado (Wp, m), profundidad crítica (Yc, m), ancho de lámina de agua (Top Width, m) y energía específica (Energy, m).

Para la carrera 23C, se establece un ancho máximo permisible de lámina de agua de 1.5 metros, teniendo en cuenta que las vías a intervenir presentan un ancho total entre 6 y 7 metros y una sección transversal con pendiente a dos aguas. En cuanto a la vía ubicada en el ingreso a la vereda Horizontes y al centro de acopio, también se adopta un ancho máximo de lámina de agua de 1.5 metros en los tramos donde la vía tiene un ancho entre 6 y 7 metros. Sin embargo, en el tramo donde la vía presenta un ancho de 4 metros y una pendiente transversal con un solo bombeo, se establece un ancho máximo de inundación permitido de 2 metros, en cumplimiento con los criterios hidráulicos establecidos por la normativa.

- **C01 (VÍA CARRERA 23 C)**

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Gutter
	Sx (m/m) =	0.020
	Sw (m/m) =	0.020
	Gutter Wid (m) =	3.3500
	Inv Elev(m) =	1.0000
	Slope (%) =	9.0000
	n-value =	0.013
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0330
Clear		Run

Figura 14. Datos de entrada para cuneta C01



Figura 15. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C01

Según los resultados obtenidos para esta sección de la carrera 23C, se concluye que la cuneta formada entre el bordillo y la vía cumple con los criterios establecidos en la normativa vigente. Por tal motivo, no se proyecta la construcción de una cuneta adicional para la conducción de las aguas de escorrentía hacia los sumideros. En este caso, se mantienen los sumideros existentes, y únicamente se propone la construcción del bordillo, el cual cumple la función de encauzar adecuadamente las aguas hacia dichos sumideros.

- **C02 (CARRERA 23C)**

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Gutter
	Sx (m/m) =	0.020
	Sw (m/m) =	0.020
	Gutter Wid (m) =	3.3500
	Inv Elev(m) =	1.0000
	Slope (%) =	9.0000
	n-value =	0.013
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0030
Clear		Run

Figura 16. Datos de entrada para cuneta C02



Figura 17. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C02

Con base en los resultados obtenidos para esta sección de la carrera 23C, se verifica que la cuneta conformada entre la vía y el bordillo satisface los requerimientos establecidos por la normativa vigente. En consecuencia, no se considera necesaria la implementación de una cuneta adicional para canalizar las aguas de escorrentía hacia los sumideros. Para este tramo, se conservarán los sumideros existentes, y solo se proyecta la construcción del bordillo, el cual será suficiente para dirigir adecuadamente el flujo hacia dichos puntos de captación.

- **C03 (CARRERA 23C)**

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Gutter
	Sx (m/m) =	0.020
	Sw (m/m) =	0.020
	Gutter Wid (m) =	3.3500
	Inv Elev(m) =	1.0000
	Slope (%) =	9.0000
	n-value =	0.013
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0130
Clear		Run

Figura 18. Datos de entrada para cuneta C03

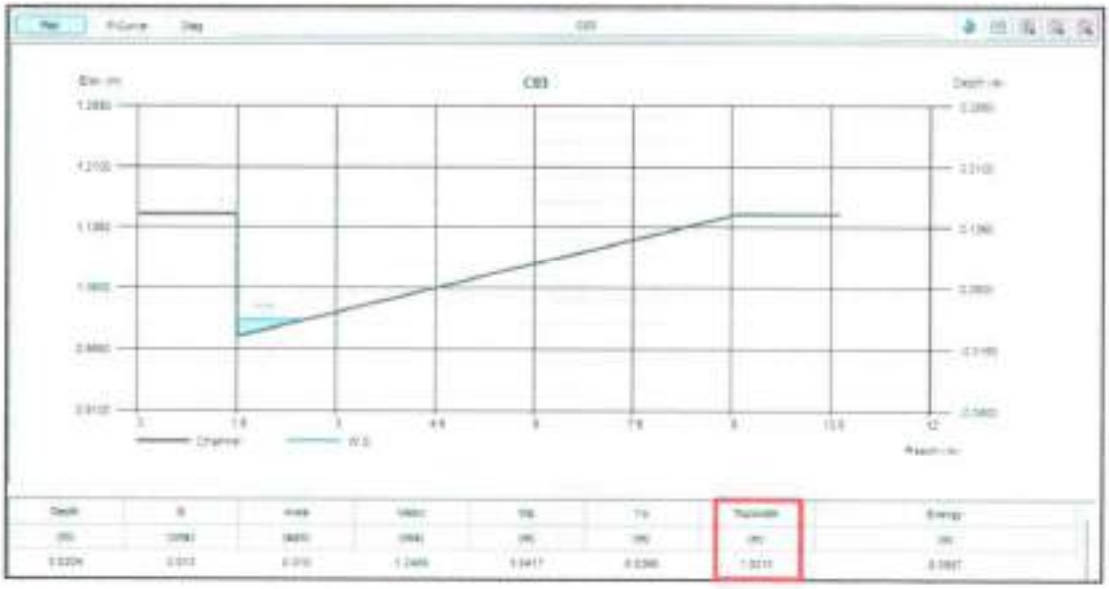


Figura 19. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C03

Los análisis realizados para esta sección de la carrera 23C evidencian que la cuneta natural generada entre el bordillo y la calzada es suficiente para cumplir con los parámetros exigidos por la normativa vigente. Por ello, no se contempla la construcción de una cuneta adicional para el manejo de las aguas de escorrentía. En este tramo, se conservarán los sumideros ya existentes y únicamente se plantea la ejecución del bordillo, el cual permitirá conducir eficazmente el agua hacia dichos sumideros.

- **C04 (CARRERA 23C)**

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Gutter
	Sx (m/m) =	0.020
	Sw (m/m) =	0.020
	Gutter Wid (m) =	3.3500
	Inv Elev(m) =	1.0000
	Slope (%) =	9.0000
	n-value =	0.013
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0170
Clear		Run

Figura 20. Datos de entrada para cuneta C04



Figura 21. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C04

De acuerdo con los resultados obtenidos para esta sección de la carrera 23C, no se requiere proyectar una cuneta adicional para el transporte de las aguas de escorrentía hacia los sumideros. Se recomienda únicamente la construcción del bordillo, el cual, en conjunto con la vía, forma una cuneta funcional que permite conducir adecuadamente el caudal generado por la escorrentía superficial.

- **C05 (CARRERA 23C)**

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Gutter
	Sx (m/m) =	0.020
	Sw (m/m) =	0.020
	Gutter Wid (m) =	0.3500
	Inv Elev(m) =	1.0000
	Slope (%) =	9.0000
	n-value =	0.013
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0180

Clear Run

Figura 22. Datos de entrada para cuneta C05

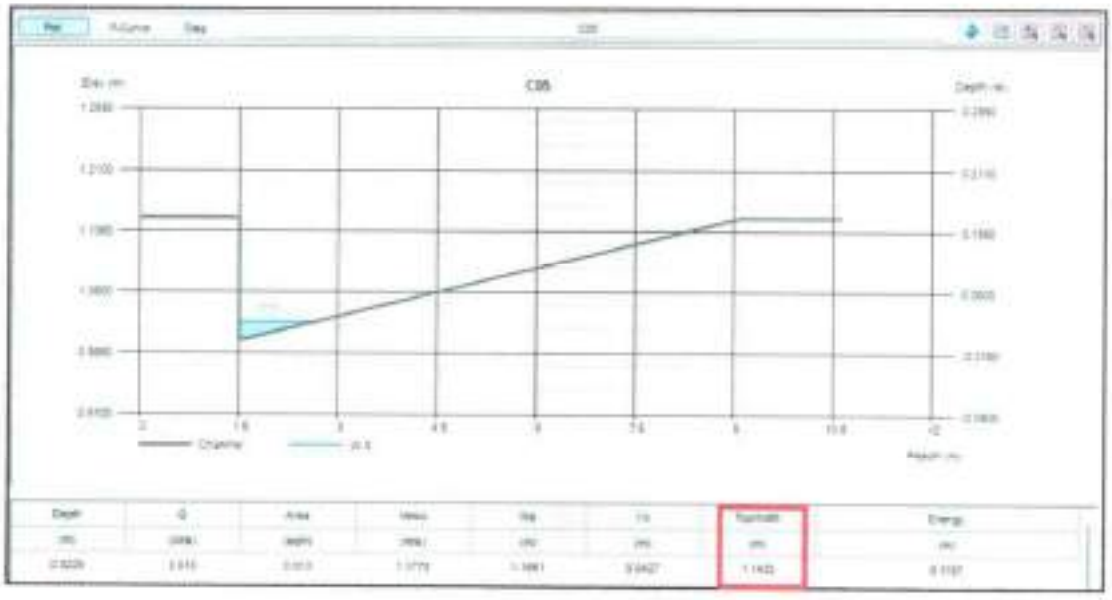


Figura 23. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C05

Con base en los resultados obtenidos para esta sección de la carrera 23C, se verifica que la cuneta conformada entre la vía y el bordillo satisface los requerimientos establecidos por la normativa vigente. En consecuencia, no se considera necesaria la implementación de una cuneta adicional para canalizar las aguas de escorrentía hacia los sumideros. Para este tramo, se conservarán los sumideros existentes, y solo se proyecta la construcción del bordillo, el cual será suficiente para dirigir adecuadamente el flujo hacia dichos puntos de captación.

- **C06 (CARRERA 23C)**

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Gutter
	Sx (m/m) =	0.020
	Sw (m/m) =	0.020
	Gutter Wid (m) =	3.3500
	Inv Elev(m) =	1.0000
	Slope (%) =	9.0000
	n-value =	0.013
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0250
Clear		Run

Figura 24. Datos de entrada para cuneta C06



Figura 25. Resultados de la vía ubicada en la carrera 23C, en el tramo C06

Los resultados obtenidos para esta sección de la carrera 23C indican que no es necesario diseñar una cuneta adicional para conducir las aguas de escorrentía hacia los sumideros. En su lugar, se sugiere conservar únicamente el bordillo, ya que, al unirse con la calzada, forma una cuneta efectiva capaz de transportar el caudal superficial generado.

- **C07 (VÍA UBICADA A LA ENTRADA DE LA VEREDA HORIZONTES Y PUNTO DE ACOPIO)**

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Triangular
	Btm Width (m)	-0-
	Side Slope, z:1 =	0.6700, 3.0000
	Tot Depth (m) =	0.1500
	Inv Elev(m) =	1.0000
	Slope (%) =	3.0000
	n-value =	0.013
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0420
Clear		Run

Figura 26. Datos de entrada para cuneta C07

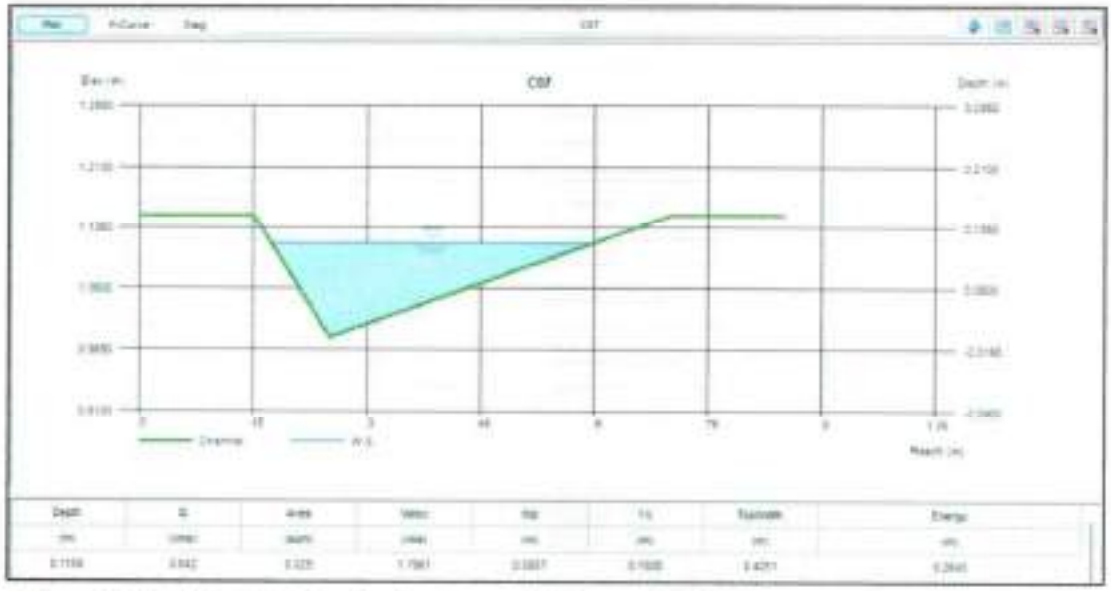


Figura 27. Resultados de la vía ubicada a la entrada de la vereda horizontes y punto de acopio, en el tramo C07.

En esta sección de la vía se encuentra una cuneta existente: sin embargo, se propone su demolición y posterior reconstrucción en el tramo que se encuentra dentro de la zona de intervención del proyecto. Para este caso, se proyecta una nueva cuneta con las especificaciones que se detallan a continuación:

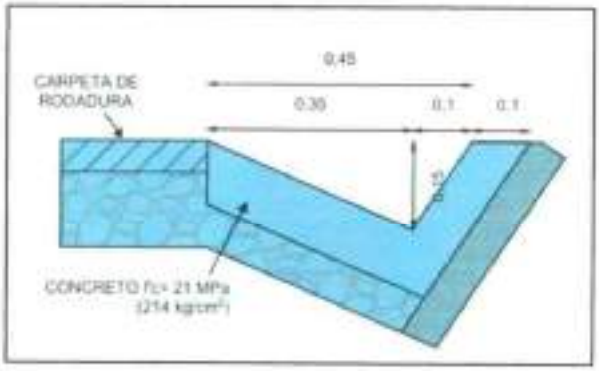


Figura 28. Cuneta C07-Especificaciones

- **C08 (VÍA UBICADA A LA ENTRADA DE LA VEREDA HORIZONTES Y PUNTO DE ACOPIO)**

Section	Item	Input
Channel	Section Type =	Gutter
	Sx (m/m) =	0.020
	Sw (m/m) =	0.020
	Gutter Wid (m) =	7.2000
	Inv Elev(m) =	1.0000
	Slope (%) =	3.0000
	n-value =	0.013
Calcs	Compute by =	Known Q
	Q (cms) =	0.0230
Clear		Run

Figura 29. Datos de entrada para cuneta C08

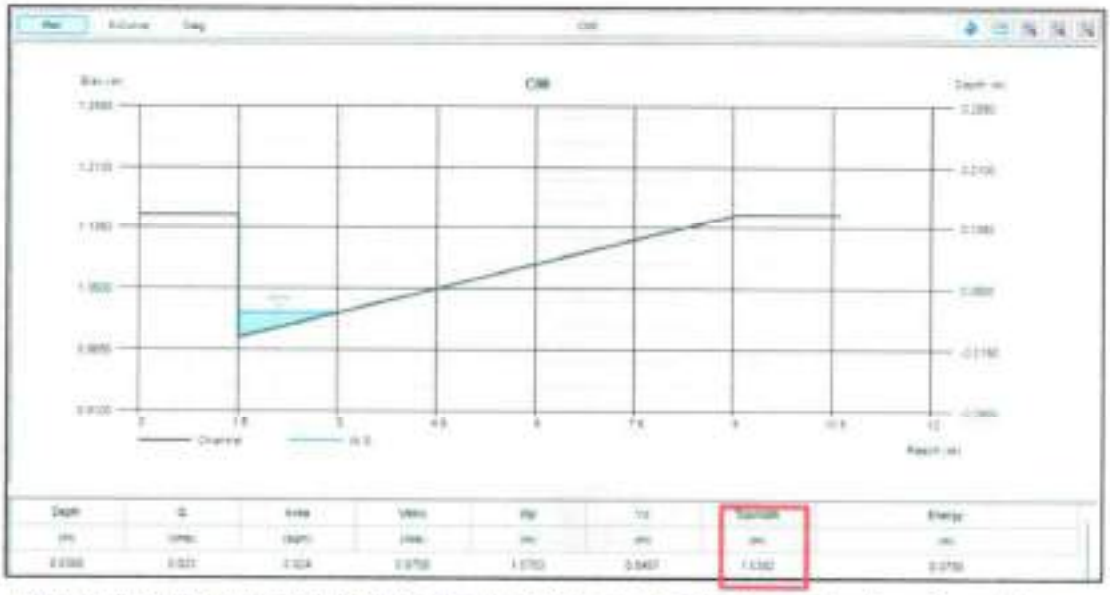


Figura 30. Resultados de la vía ubicada a la entrada de la vereda horizontes y punto de acopio, en el tramo C08

En esta sección, la cuneta formada entre el bordillo y la vía no cumple con los criterios hidráulicos establecidos, dado que la vía tiene un ancho aproximado de 7 metros y una pendiente transversal a dos aguas, lo que permite un ancho máximo admisible de lámina de agua de 1.5 metros. No obstante, el sumidero ubicado en esta zona (S03) presenta capacidad suficiente para evacuar la totalidad del caudal de escorrentía generado, por lo cual no se proyecta la construcción de una cuneta, manteniéndose únicamente el sumidero propuesto.

7. CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación hidráulica de todas las vías a pavimentar, identificando que todas cumplen con el ancho máximo de inundación permisible. Por lo tanto, no se considera necesaria la proyección de cunetas adicionales en dichas vías, ya que las condiciones actuales permiten un adecuado manejo de las aguas de escorrentía.
- En la vía ubicada en el ingreso a la vereda Horizontes y al centro de acopio del municipio, se proyecta la instalación de seis sumideros. De estos, cuatro (S01, S02, S04 y S05) se diseñan específicamente para captar las aguas de escorrentía provenientes de vías externas al proyecto, cuyas descargas confluyen en el tramo de interés. La incorporación de estos sumideros tiene como objetivo evitar que dichas aguas afecten negativamente la zona intervenida.
- En la vía carrera 23C se conservan los sumideros existentes, ya que la evaluación hidráulica realizada demuestra que, considerando estos elementos, se cumplen los requisitos establecidos por la normativa vigente. No obstante, se recomienda realizar labores de mantenimiento preventivo y correctivo a dichos sumideros, con el fin de asegurar su adecuado funcionamiento hidráulico y evitar obstrucciones que puedan comprometer el sistema de drenaje.
- Se evaluó la capacidad de todos los sumideros existentes y proyectados, determinándose que todos cumplen con los requerimientos establecidos en la normatividad vigente.
- Se proyecta la demolición y reconstrucción de 44,024 metros lineales de cuneta, correspondientes al tramo ubicado dentro de la zona de intervención del proyecto.
- El diseño propuesto para los drenajes fue validado a partir del plano PMPENL_AA_D_PL_03_33DE78_Planta General, perteneciente al Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado del municipio de El Peñol, suministrado por la administración municipal. Dicha verificación permitió corroborar la correcta ubicación de las cámaras de inspección, que funcionarán como puntos de descarga del sistema diseñado. Como resultado de este proceso, se concluye que el diseño

planteado es plenamente funcional y se ajusta de manera satisfactoria a la normativa vigente.

8. BIBLIOGRAFÍA

Chow, V. T. (1994). *Hidráulicas de Canales Abiertos.*

E.S.P, E. P. (2013). Norma de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P.

INVIAS. (2009). *Manual de drenajes para carreteras.* Bogotá.

Minvivienda. (s.f.). *Reglamiento Tecnico del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico.* Obtenido de https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras

Vargas, M., & Diaz-Granados, O. (1998). *Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia.* Bogotá: Universidad de los Andes.

Weather Spark. (s.f.). *Weather Spark.* Obtenido de Weather Spark: https://es.weatherspark.com

MATRICULA PROFESIONAL

011281-0588264 ANT

R2021092180

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

INGENIERIA SANITARIA



YALINE MARIN TOTENA

ID: 1017234979

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Yaline Marín Totena,** Ingeniera Sanitaria con Matrícula Profesional No. **011281-0588264**, con experiencia certificada en el ejercicio profesional, debidamente registrado en el **CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA**, por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad de los estudios **HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO** del proyecto: **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL"**, por los perjuicios que a causa de ellos puedan deducirse, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones y especificaciones dadas en **LOS ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS** y exonero a la administración municipal de EL PEÑOL, por los daños y perjuicios que de estos estudios pudieran derivarse.

Para constancia de lo anterior se firma en la ciudad de Medellín a los 27 días del mes de mayo del año 2025.

Atentamente,

Yaline Marín Totena.

MATRICULA PROFESIONAL

011281-0588264 ANT

21092180

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

INGENIERIA SANITARIA

YALINE MARIN TOTENA

ID: 1017234979

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Fecha de actualización: 1 de Abril de 2024

Nota 1: El archivo contiene referencias circulares, por lo tanto se debe tener activo el calculo iterativo de las formulas
Nota 2: Sólo diligenciar información en las celdas resaltadas en verde

Formulario 1 - Propuesta económica -
Código COE-EICP-FM-14

MUNICIPIO DE EL PEÑOL
Departamento de Antioquia

FORMULARIO 1
PRESUPUESTO OFICIAL
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

YCO S.A.S DISEÑO + CONSULTORIA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

Nº	ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UNO.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
		CARRERA 23C ENTRE TRANSVERSALES 15 Y 8				
		PRODUCTO 1. PAVIMENTO				
		CAPITULO PRELIMINARES				
1	1.1	Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluye vehiculo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.	dia	1	$ 1,059,447.69	$ 1,059,448.00
Subtotal		**SUBTOTAL - CAPITULO PRELIMINARES - PRODUCTO 1. PAVIMENTO**				**$ 1,059,448.00**
		CAPITULO DEMOLICIONES, CORTE Y RETIROS				
2	2.1	Demolición de estructuras (Concreto reforzado), hasta un espesor de 20cm. Incluye cargue, transporte y disposición de los materiales provenientes de la demolición.	m3	122	$ 55,800	$ 6,829,848.00
Subtotal		**SUBTOTAL - CAPITULO DEMOLICIONES, CORTE Y RETIROS - PRODUCTO 1. PAVIMENTO**				**$ 6,829,848.00**
		CAPITULO CERRAMIENTOS				
3	3.1	Cerramiento provisional en tela verde Sarán H=2.50 con estacones redondos en madera común o pino ciprés C/1.50 M	m	180	$ 35,255.47	$ 6,345,984.00
Subtotal		**SUBTOTAL - CAPITULO CERRAMIENTOS - PRODUCTO 1. PAVIMENTO**				**$ 6,345,984.00**
		CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS				
4	4.1	Excavación mecánica sin clasificar de la explanación y disposicion final de material. Incluye transporte	m3	92	$ 31,589.85	$ 2,898,112.00
5	4.4	Suministro y colocación de base granular BG-38, con medios mecánicos y compactado al 95% mínimo del ensayo del proctor modificado. Segun norma INVIAS. No incluye transporte, se cobrara en su respectivo item.	m3	61	$ 223,784.44	$ 13,695,608.00
6	4.5	Suministro, colocación, conformación y compactación de Subbase granular, no incluye transporte. Compactación hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado.	m3	104	$ 179,954.71	$ 18,722,488.00
Subtotal		**SUBTOTAL - CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS - PRODUCTO 1. PAVIMENTO**				**$ 35,316,208.00**
		CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN				
7	5.1	Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 19 que cumpla con la norma INVIAS 2013. Incluye: colocación con terminadora (finisher) y compactación. No incluye imprimación, ni transporte de materiales, que se pagarán en su respectivo ítem. Su medida de pago será metro cúbico compacto medido en sitio.	m3	49	$ 1,625,560.00	$ 79,567,416.00
8	5.2	Suministro y aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento C.R.L.- 1 o C.R.L. - 0 para imprimación de superficie a pavimentar segun normas para la construcción de pavimentos del INVIAS. Incluye todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Incluye Limpieza de superficie y Riego inicial con carrotanque	m2	612	$ 5,523.00	$ 3,380,076.00
Subtotal		**SUBTOTAL - CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN - PRODUCTO 1. PAVIMENTO**				**$ 82,967,494.00**

		CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN				
9	6.1	Suministro e instalacion de Señalización vertical reglamentaria, preventiva e informativa de 60x60 cms en lámina galvanizada C. 16 y reflectivo grado 4 alta intensidad prismatico, estructura en ángulo de 2"x1/4	un	6.00	$ 478,091.00	$ 2,868,546.00
10	6.2	Demarcación de línea de 0.10 mts de ancho para división de carril y borde de vía, para vía vehicular en pintura acrílica para tráfico. Incluye dos manos de pintura para un buen acabado, se mide en sitio.	m	360.00	$ 4,415.00	$ 1,589,400.00
11	6.3	Demarcación de línea de 0.12 mts de ancho para señalización, pintura plastica en frio lineal (amarillo o blanco).	m2	34.00	$ 91,803.00	$ 3,122,302.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 7,580,268.00
		CAPITULO TRANSPORTE				
12	7.1	Transporte de asfalto	m3 - km	3,672.00	$ 1,440.00	$ 5,287,680.00
13	7.2	Transporte de base	m3 - km	12,392.00	$ 1,440.00	$ 17,845,920.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO TRANSPORTE - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 23,133,600.00
		CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS				
14	9.3	Mantenimiento manual de sumideros existentes, retiro de residuos, hojas y sedimentos acumulados. Incluye revisión básica del estado del sumidero y disposición del material extraído	unidad	6.00	$ 287,205.44	$ 1,723,233.00
15	9.4	Resane de cuellos de MH existentes, incluye empalmes, resane de las juntas.	unidad	3.00	$ 983,455.52	$ 2,950,367.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 4,673,600.00
		CARRERA 24 INGRESO VEREDA HORIZONTES				
		PRODUCTO 1. PAVIMENTO				
		CAPITULO PRELIMINARES				
16	1.1	Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.	día	1	$ 1,059,447.69	$ 1,059,448.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO PRELIMINARES - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 1,059,448.00
		CAPITULO DEMOLICIONES, CORTE Y RETIROS				
17	2.1	Demolición de estructuras (Concreto reforzado), hasta un espesor de 20cm. Incluye cargue, transporte y disposición de los materiales provenientes de la demolición.	m3	70	$ 55,800	$ 3,900,576.00
18	2.2	Cargue y Retiro de material sobrante y proveniente de las excavaciones. Incluye transporte a hasta los botaderos oficiales, o designados por la interventoría.	m3	49	$ 36,931	1,805,727
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO DEMOLICIONES, CORTE Y RETIROS - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 5,706,303.00
		CAPITULO CERRAMIENTOS				
19	3.1	Cerramiento provisional en tela verde Sarán H=2.50 con estacones redondos en madera común o pino ciprés C/1.50 M	m	120	$ 35,255.47	$ 4,230,656.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO CERRAMIENTOS - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 4,230,656.00
		CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS				
20	4.1	Excavación mecánica sin clasificar de la explanación y disposicion final de material incluye transporte	m3	36	$ 31,569.85	$ 1,133,484.00
21	4.2	Excavación manual de material heterogeneo efectuado en zanjas de 0.60 x 0.20 m para cuneta e instalacion de tubería en cualquier grado de humedad entre 0-2m y de acuerdo con la especificacion 600-13 de INVIAS. Incluye roca descompuesta, bolas de roca, acameo interno de los materiales procedentes de la demolición y todo lo necesario para su correcta ejecución. Incluye botada, no incluye transporte.	m3	71	$ 54,627.00	$ 3,869,321.00
22	4.4	Suministro y colocación de base granular BG-38, con medios mecánicos y compactado al 95% mínimo del ensayo del proctor modificado. Segun norma INVIAS. No incluye transporte, se cobrara en su respectivo item.	m3	26	$ 223,784.44	$ 5,843,459.00
23	4.5	Suministro, colocación, conformación y compactación de Subbase granular, no incluye transporte. Compactacion hasta obtener una densidad mínima del 98%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado.	m3	49	$ 179,964.71	$ 8,810,583.00

Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 19,636,647.00
		CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN				
24	5.1	Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 19 que cumpla con la norma INVIAS 2013. Incluye: colocación con terminadora (finisher) y compactación. No incluye imprimación, ni transporte de materiales, que se pagarán en su respectivo ítem. Su medida de pago será metro cúbico compacto medido en sitio.	m3	26	$ 1,625,560.00	$ 42,446,623.00
25	5.2	Suministro y aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento C.R.L- 1 o C.R.L. - 0 para imprimación de superficie a pavimentar según normas para la construcción de pavimentos del INVIAS. Incluye todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Incluye Limpieza de superficie y Riego inicial con carrotanque	m2	326	$ 5,523.00	$ 1,802,707.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 44,249,330.00
		CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN				
26	6.1	Suministro e instalacion de Señalizacion vertical reglamentaria, preventiva e informativa de 60x60 cms en lámina galvanizada C. 16 y reflectivo grado 4 alta intensidad prismatico, estructura en ángulo de 2"x1/4	un	6.00	$ 478,091.00	$ 2,868,546.00
27	6.2	Demarcación de línea de 0.10 mts de ancho para división de carril y borde de via, para via vehicular en pintura acrilica para trafico. Incluye dos manos de pintura para un buen acabado, se mide en sitio.	m	240.00	$ 4,415.00	$ 1,059,600.00
28	6.3	Demarcación de línea de 0.12 mts de ancho para señalización, pintura plastica en frio lineal (amarillo o blanco).	m2	15.00	$ 91,833.00	$ 1,377,495.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 5,305,641.00
		CAPITULO TRANSPORTE				
29	7.1	Transporte de asfalto	m3 - km	1,958.40	$ 1,440.00	$ 2,820,096.00
30	7.2	Transporte de base	m3 - km	5,630.40	$ 1,440.00	$ 8,107,776.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO TRANSPORTE - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 10,927,872.00
		CAPITULO CONCRETO				
31	8.1	Construcción de cuneta-Bordillo, en concreto reforzado, tipo INVIASde 20,7Mpa (3000PSI), incluye refuerzo de 60.000PSI, excavación, sub base,etotal=0,70m, e Prom =0,15m,cortes y sellos de juntas cada 2,8 m	m	44.02	$ 276,834.99	$ 12,187,366.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO CONCRETO - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 12,187,366.00
		CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS				
32	9.1	Suministro, transporte e instalación de TUBERIA PVC-S Ø10". Incluye pega, solventes, sellos, pruebas hidráulicas y todo lo necesario para el correcto funcionamiento de la actividad.	m	47.15	$ 283,307.63	$ 13,357,672.00
33	9.2	Construcción de sumidero en concreto estructural (f'c=28 MPa), con rejilla incluida. El ítem contempla además el embocquillado perimetral las cámaras de inspección MH existentes, asegurando su integración con el nuevo sistema de drenaje.	unidad	6.00	$ 2,185,790.86	$ 13,114,746.00
34	9.3	Mantenimiento manual de sumideros existentes, retiro de residuos, hojas y sedimentos acumulados. Incluye revisión básica del estado del sumidero y disposición del material extraído	unidad	2.00	$ 287,205.44	$ 574,411.00
35	9.4	Realce de cuellos de MH existentes, incluye empalmes, resane de las juntas.	unidad	4.00	$ 993,455.52	$ 3,993,622.00
Subtotal		SUBTOTAL - CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS - PRODUCTO 1. PAVIMENTO				$ 30,980,656.00
		SUBTOTAL OBRAS				$ 302,210,683.00
					ADMINISTRACION 37.55%	$ 113,480,184.00
					IMPREVISTO 0.00%	$ 0.00
					UTILIDAD 5.00%	$ 15,110,533.00
					IVA SOBRE LA UTILIDAD 19%	$ 0.00
					COSTO TOTAL DEL CONTRATO 42.55%	$ 430,801,300.00

PROVISION PARA AJUSTES, OBRAS COMPLEMENTARIAS Y/O ADICIONALES				
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL, SOCIAL Y SST (Incluye IVA)	estimado			$ 12,158,254.00
PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO (PMT)	estimado			$ 18,684,350.00
VALOR TOTAL				$ 462,644,104.00
INTERVENTORIA	estimado		12.56%	$ 58,088,692.21
				$ 520,732,796.21

VALOR TOTAL EN LETRAS:

NOTA 1: Se debe tener en cuenta que el PRECIO UNITARIO incluye el valor de A.I.U.

NOTA 2: Cuando la fracción decimal del peso sea igual o superior a 5 se aproximará por exceso al número entero siguiente del peso y cuando la fracción

NOTA 3: El A.I.U y su discriminación deben estar en porcentaje (%)

NOTA 4: El valor de los rubros denominados "estimados" no podrá ser modificado por el proponente.

NOTA 5: El VALOR TOTAL de cada ítem deberá ser ajustado al peso sea por exceso o por defecto así: cuando la fracción decimal del peso sea igual o

NOTA 6:

DESCRIPCION		PORCENTAJE
ADMINISTRACION	A=	37.55%
IMPREVISTO	I=	0.00%
UTILIDAD	U=	5.00%
TOTAL A.I.U	A.I.U.=	42.55%

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YERES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375670 ANT
EQUIPO FORMULADOR

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

DISCRIMINACION DEL AIU

Nº	DESCRIPCIÓN	CANT	VALOR MENSUAL	PRESTAC. SOCIALES	DEDICA-CION %	PLAZO - MESES	VALOR PARCIAL
1	**COSTOS DE PERSONAL**						**$ 31,907,316.00**
1.1	**PERSONAL PROFESIONAL**						**$ 31,907,316.00**
1.1.1	Profesional Director de Obra	1.00	$ 7,829,000.0	1.96	40%	2.00	$ 12,275,872.00
1.1.3	Profesional Residente de obra	1.00	$ 3,559,000.0	1.97	100%	2.00	$ 14,022,460.00
1.1.4	Profesional Residente Social	1.00	$ 3,559,000.0	1.97	20%	2.00	$ 2,804,492.00
1.1.5	Profesional Residente SST	1.00	$ 3,559,000.0	1.97	20%	2.00	$ 2,804,492.00
1.3	**Prima de localización para personal en obra**						**$ -**
1.3.1	Gastos de Viaje Director *	1	$ 1,503,971	1	0%	2.00	$ -
1.3.3	Gastos de Viaje Residente de obra *	1	$ 1,503,971	1	0%	2.00	$ -
2	**GASTOS DE OFICINA DE OBRA**						**$ 3,000,000.00**
2.3	Reconocimiento para pago parcial de arriendo y servicios públicos oficina central	1.00	$ 1,500,000	1	100%	2.00	$ 3,000,000.00
2.3	Servicio de vigilancia	1.00	$ 2,500,000		0%	2.00	$ -
3	**INSTALACIONES PROVISIONALES**						**$ 1,700,000.00**
3.1	Instalaciones en obra (Incluye arrendamiento, enseres y servicios públicos)	1.00	$ 850,000	1	100%	2.00	$ 1,700,000.00
4	**SISTEMAS DE CÓMPUTO Y COMUNICACIÓN**						**$ 587,342.00**
4.1	Tarifa puesto de trabajo del personal de oficina de campo, incluye: alquiler de puestos de trabajo, equipos de computo completos, escritorios, sillas y otros enseres de oficina por puesto de trabajo	1	$ 335,795	1	50%	2.00	$ 335,795.00
4.2	Impresora en obra (alquiler)	1.00	$ 101,563	1	50%	2.00	$ 101,563.00
4.3	Comunicaciones (Teléfono, Fax, Celular, Internet, Etc.) mensual en campo	1.00	$ 74,992	1	100%	2.00	$ 149,984.00
6	**ENSAYOS DE LABORATORIO**						**$ 2,783,772.00**
6.1	ENSAYOS DE LABORATORIO	1.00	$ 2,783,772	1			$ 2,783,772.00
7	**VALLA CONTRACTUAL**						**$ 600,000.00**
7.1	Valla (8X4) lona, no incluye estructura	unidad	$ 600,000	1	100%		$ 600,000.00

8	polizas y gastos de legalizacion						$	72,907,123.40
8.1	polizas						$	4,840,518.00
8.2	Gastos de legalizacion	unidad	15.8%				$	68,066,605.40
	Retencion de industria y comercio	1	0.8%				$	3,446,410.40
	Contribucion especial de contratos de obra publica	1	5.0%				$	21,540,065.00
	Deduccion estampilla pro - cultura	1	2.0%				$	8,616,026.00
	Deduccion estampilla pro - adulto mayor	1	4.0%				$	17,232,052.00
	Deduccion estampilla pro - hospital	1	0.5%				$	2,154,006.50
	Deduccion estampilla pro - justicia familiar	1	2.0%				$	8,616,026.00
	tasa pro - deporte y recreacion	1	1.5%				$	6,462,019.50
	SUBTOTAL DE COSTOS DE ADMINISTRACIÓN						$	113,485,553.00
						COSTO DIRECTO DE OBRA	$	302,210,663.00
						ADMINISTRACIÓN		37.55%
						IMPREVISTOS		0.00%
						UTILIDAD		5.00%
						SUBTOTAL A.I.U.		42.55%
	TOTAL COSTO DIRECTO + A.I.U.						$	430,801,300.00
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL, SOCIAL Y SST (PMA-PS-		estimado					$	13,158,254.00
PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO (PMT)		estimado					$	18,684,550.00
	VALOR DEL CONTRATO (COSTO DIRECTO + AIU + PMA +PS + PSST + PMT + PAPSO + PROVISÓN PARA PÓLIZAS + DISEÑOS, AJUSTES A DISEÑOS, LICENCIAS Y PERMISOS + CARACTERIZACIÓN VIAL + GEORREFERENCIACIÓN (sin IVA)) PARA IMPUESTOS					$ -		
	VALOR DEL CONTRATO (COSTO DIRECTO + AIU + PMA +PS + PSST + PMT + PAPSO + PROVISÓN PARA PÓLIZAS + DISEÑOS, AJUSTES A DISEÑOS, LICENCIAS Y PERMISOS + CARACTERIZACIÓN VIAL + GEORREFERENCIACIÓN)						$	462,644,104

NOTAS:

* Solo se pagaran los Gastos de viaje causados dentro de la zona de intervención del proyecto

Los Valores subrayados"Estimados" son inmodificables, corresponden a montos estimados con los cuales se atenderán las actividades correspondientes.

El valor de tarifa mensual corresponde a la base de datos de la Secretaría de Infraestructura Física

EL CONTRATISTA asumirá por su cuenta todos los tributos (impuestos, tasas, contribuciones, contribuciones especiales, estampillas), cuando la ley lo señale y demás que estén dentro de los elementos de la obligación tributaria y acatando las directrices dadas mediante concepto 3397 de 22 de enero de 2014, de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales – DIAN- y las del comité de Orientación y Seguimiento en Contratación del Departamento de Antioquia, conservando el derecho el contratista de aplicar la deducibilidad de impuestos enunciados en Artículo 107 y 115 del Estatuto Tributario.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

..EPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

:NSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA. COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES :RRERA 23C. ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8. ZONA URBANA. E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL ...UNICIPIO DE EL PENOL

PLAN DE MANEJO DEL TRANSITO

PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Dirpreciacion	VALOR	VALOR PARCIAL
1. Señalizacion						
1.1	Señales verticales según manual de señalizacion vial, 60*60 Reflectivo tipo IV	un	4	60%	$ 237,881.00	$ 380,610
1.2	Señales verticales según manual de señalizacion vial, 75*75 Reflectivo tipo IV	un	4	60%	$ 313,565.00	$ 501,704
1.3	Señales verticales según manual de señalizacion vial, 90*90 Reflectivo tipo IV	un	3	60%	$ 350,931.00	$ 421,117
1.4	Señal vertical de restriccion metalica 60 diametro, reflectivo tipo IV, segun manual de señalizacion vial, velocidad maxima permitida (<50 km/h)	un	3	60%	$ 237,881.00	$ 285,457
1.5	Señal vertical de restriccion metalica 75 diametro, reflectivo tipo IV, segun manual de señalizacion vial, velocidad maxima permitida (60 - 70 km/h)	un	2	60%	$ 313,571.00	$ 250,857
1.6	Señal Vertical Metalica Reflectivo tipo IV (Inicio de obra - Fin de Obra) 117x59,5	un	3	60%	$ 368,781.00	$ 442,537
1.7	Señal Vertical Metalica Tipo Informativa según manual de señalizacion vial, 101x59 Reflectivo Tipo IV	un	2	60%	$ 344,981.00	$ 275,985
1.8	Señal preventiva para obra (SPO) paral de 3m	un	2	60%	$ 337,365.00	$ 269,892
1.9	Señal Vertical Metalica Tipo Informativa según manual de señalizacion vial, 56x31 Reflectivo Tipo IV	un	2	60%	$ 185,521.00	$ 148,417
1.1	Señal Corbatin para señalizacion en obra de 101,9x40cm, Refelctivo tipo IV, según manual de señalizacion vial	un	6	60%	$ 130,781.00	$ 313,874
2. Dispositivos para canalizar el transito						
2.1	Barricada metalica con franjas reflectivas de 1,5x2,0m	un	8	60%	$ 557,536.42	$ 1,338,087
2.2	Maletin o barrera de contencion vial de 2m x 1m	un	8	60%	$ 567,885.99	$ 1,817,235
2.3	Conos de 0,9 y dos franjas refrectivas tipo IV diamante.	un	4	60%	$ 93,300.00	$ 149,280
2.4	Caneca reflectiva plastica	un	2	60%	$ 393,533.73	$ 314,827
2.5	Resalto Vial reductor de velocidad en caucho 50x30x5	un	0	60%	$ 420,590.00	$ -
2.6	Baliza reflectiva con base conica x 1,3	un	40	60%	$ 102,540.00	$ 1,640,640
2.7	Hito vial reflectivo	un	2	60%	$ 54,407.40	$ 43,526
3. Abaederados						
3.1	Paleta de pare y siga	un	4	60%	$ 34,385.00	$ 82,524
3.2	Radiotelefono	par	2	60%	$ 350,950.00	$ 421,140
3.2	Personal Pare y Siga	un	2		$ 2,939,440.00	$ 5,878,880
3.3	Personal de obra para transbordo de necesidades basicas	un	1		$ 2,939,440.00	$ 2,939,440
3.3	Alquiler de Motocarguero	un	1		$ 768,521.00	$ 768,521
				COSTO TOTAL		$ 18,684,550

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

INVERSIÓN AMBIENTAL, SOCIAL Y SST

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	OBSERVACIONES
1. GESTIÓN SOCIAL					
1.1. Programa para la Protección de la Infraestructura Social y Comunitaria (Programa Atención y Participación Comunitaria)					
Reuniones con comunidad. (Inicio, avance y fin de obra) - incluye refrigerios para 50 personas y alquiler de videobeam.	Un	0	$ 1,000,000.00	$ -	
Reuniones con el Comité de Participación Comunitaria - CPC - (incluye alquiler de videobeam y refrigerio para 20 personas)	Un	1	$ 400,000.00	$ 400,000	
1.2. Programa para la protección del patrimonio arqueológico y cultural					
Implementación plan de arqueología	Un			$ -	
1.3. Programa para la sostenibilidad y apropiación comunitaria					
Jornadas de apropiación de la nueva infraestructura (Espacios de integración comunitaria para adelantar procesos de información del proyecto)	Un	0	$ 7,889,177.00	$ -	
Actividades artísticas, lúdicas, recreativas y culturales	Un	0	$ 4,104,652.00	$ -	
Talleres ambientales (Beneficios ambientales, sensibilización a los participantes frente a la importancia de potenciar y preservar las especies nativas existentes en el territorio).	Un	0	$ 4,199,270.00	$ -	
Recorridos pedagógicos por zonas de interés ambiental o cultural en el territorio	Un	0	$ 3,489,025.00	$ -	
Jornadas de formación con la comunidad orientadas en la estrategia de la Red de Buenos Vecinos para la promoción de las buenas prácticas para el cuidado de las vías.	Un	0	$ 11,673,700.00	$ -	
1.4. Información y divulgación					
Productos de litografía: afiches, volantes, plegables, formatos	Un	100	$ 2,000.00	$ 200,000	
Buzón PQRS en acrílico según diseño suministrado por la entidad (0,35m*0,45m)	Un	1	$ 120,000.00	$ 120,000	
Cuñas radiales	Un	2	$ 50,000.00	$ 100,000	Se usarán para la invitación a socializaciones de inicio, avance y cierre, así como para el manejo de tránsito.
Lona para vehículo (volqueta o camión) de 1,50 x 0,80 m, impresión inkjet resistente a la intemperie	Un	1	$ 950,000.00	$ 950,000	Imagen institucional
Subtotal Gestión Social				**1,779,000**	
2. GESTIÓN AMBIENTAL					
PROGRAMA 1: Desarrollo y aplicación de la gestión ambiental					
1.1. Conformación de grupo de gestión ambiental	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Plazo	Valor total	Observación
Personal asignado a la cuadrilla ambiental y SST (Brigadista)	Persona		$ 3,697,600	2	$ -	Atender en obra las actividades propuestas en cada programa del PMA y SST (Brigadista). Cuadrilla conformada por mínimo dos trabajadores (con Factor Multiplicador ajustado)
1.2. Capacitación y concientización para el personal de obra						
Capacitaciones personal de obra, incluye material plegables y didáctico	Un	2	$ 250,000.00	$ 500,000	Inducción y capacitación relativo del manejo y cuidado con la fauna silvestre, así como demás aspectos del componente ambiental del proyecto
1.3. Cumplimiento de requerimientos legales					
Trámite de permisos ambientales (Aprovechamiento forestal)	Un		$ 2,500,000.00	$ -	El valor corresponde a la evaluación de la información y respectiva visita técnica para obtener el permiso ambiental requerido ante la Autoridad Ambiental competente, en el caso que el contratista deba tramitarlo previo a la intervención. El cálculo para el costo de la evaluación, se estima con base en las escalas tarifarias establecidas por la Autoridad Ambiental, conforme Ley 633 de 2000. Cabe destacar que, son valores estimados y no exactos, ya que datos pueden variar conforme al análisis y criterio de cada Autoridad al momento de cobrar por el servicio, por lo que se recomienda pagar contra factura expedida por la Autoridad Ambiental competente.
Trámite de permisos ambientales (Ocupación de cauce)	Un		$ 1,000,000.00	$ -	El valor corresponde a la evaluación de la información y respectiva visita técnica para obtener el permiso ambiental requerido ante la Autoridad Ambiental competente, en el caso que el contratista deba tramitarlo previo a la intervención. El cálculo para el costo de la evaluación, se estima con base en las escalas tarifarias establecidas por la Autoridad Ambiental, conforme Ley 633 de 2000. Cabe destacar que, son valores estimados y no exactos, ya que datos pueden variar conforme al análisis y criterio de cada Autoridad al momento de cobrar por el servicio, por lo
	Un		$ 1,500,000.00	$ -	

	Un		$ 3,000,000.00	$ -	que se recomienda pagar contra factura expedida por la Autoridad Ambiental competente.
Trámite de permisos ambientales (Concesión aguas)	Un		$ 1,200,000.00	$ -	
Trámite de permisos ambientales (Vertimiento)	Un		$ 1,200,000.00	$ -	
Control y seguimiento a permisos ambientales	Un		$ 1,300,000.00	$ -	El valor asignado cubrirá gastos relacionados con la asignación del permiso por parte de la autoridad ambiental, en caso de que la misma considere un valor mayor se deberá realizar el pago contra factura.
PROGRAMA 2. Actividades constructivas					
2.1. Manejo integral de materiales de construcción					
Teleras 1.35m x 0,90 m para acopio temporal de materiales	Un	10	$ 22,143.00	$ 221,430	Teleras empleadas en el acopio de materiales de construcción.
Adecuación de instalaciones para el almacenamiento de productos químicos.	m2	1	$ 500,000.00	$ 500,000	Debe cumplir con la normatividad legal vigente relacionada al tema. (seguro, ventilado, con techo, piso impermeabilizado, con trampa de grasa para evitar la contaminación del suelo; señalizado).
Rástico negro polietileno de grueso calibre, (150 m, calibre 3.5 ancho de 3 m).	Rollo	1	$ 799,900.00	$ 799,900	Cobertura material de construcción y sobrante de obra
2.2. Manejo integral de residuos sólidos convencionales, especiales y peligrosos					
Disposición de residuos peligrosos y especiales con empresas certificadas	mes	1	$ 2,000,000.00	$ 2,000,000	
Adecuación de zona de almacenamiento de residuos peligrosos	m2	1	$ 1,500,000.00	$ 1,500,000	La cual debe cumplir con la normatividad que rige el tema (suelo duro y elementos no inflamables).
Adecuación de zona de almacenamiento de residuos convencionales, especiales y reciclables	Un	1	$ 1,900,000.00	$ 1,900,000	
Bolsas de polietileno alta densidad (Paquete 100 unidades de 100 x 100). Incluye IVA	Un	1	$ 30,000.00	$ 30,000	De cada color se usan en promedio 5 bolsas por semana por color por punto ecologico.
Bolsas polietileno alta densidad (Paquete 100 unidades de 34x24) Incluye IVA	Un	2	$ 26,000.00	$ 52,000	
Juego de tres recipientes o canecas de 55 galones Incluye IVA	Un		$ 238,564.00	$ -	Un Juego por cada frente de obra (considerar delanteras)
Juego de tres canecas o recipientes de 5 galones (para campamento y frente de obra) incluye IVA	Un		$ 130,920.00	$ -	
Teja Zinc Ondulada 3.048x0.80mt Cal 35 0.17mm	Un		$ 31,900.00	$ -	
PROGRAMA 3. Gestión del recurso hídrico					
3.1. Manejo de aguas superficiales					
Estación de Madera 1.5 m	Un		$ 35,900.00	$ -	Para la protección de cuerpos de agua se requieren mínimo de 8 unidades por cruce (4al encole y 4 al descole) Tener en cuenta el numero de ejecuciones simultaneas
Sistema de sedimentación primaria	Un		$ 875,000.00	$ -	En el caso de incurrir en el manejo de aguas subterraneas su evacuacion deberá pasar por un sistema de sedimentación compuesto mínimo por 2 tanques en serie. Volumen por definir según necesidad.
Rollo tela verde 100m x 2.10m ancho 55gr/m2	Un		$ 307,500.00	$ -	Se emplea un mínimo de 15 metros por cruce de agua a aislar
Tubo manguera paletizada de 4 pulgadas por 45 metros	Un		$ 340,000.00	$ -	
Muestreos y análisis fisicoquímicos	Un		$ -	$ -	
Muestreos y análisis microbiológicos	Un		$ -	$ -	
Muestreos y análisis de peces	Un		$ -	$ -	
3.2. Manejo de residuos líquidos, domésticos e industriales					
Actividad	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Plazo	Valor total	Observación
Alquiler de baño portátil con 2 limpiezas por semana (incluye suministro, transporte y mantenimiento)	Un		$ 700,000	2	$ -	En los gastos administrativos de obra se incluye el pago de servicios públicos para el alquiler de oficinas, campamentos e instalaciones temporales. Sin embargo, en caso de requerirse el uso de baños en frentes de obra o cerca a los mismos, se suplirá la necesidad con el alquiler de viviendas para dicho servicio y que se encuentren conectadas al sistema de alcantarillado o tengan sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas o en su defecto alquiler de baños portátiles y se reconoce su pago contra factura
Kit Control de derrames - maletín químicos 6 Galones	Un		$ 202,181.00		$ -	Se deberá disponer de uno por frente de obra activo
Trampa de grasa 95 Litros	Un		$ 1,920,000.00		$ -	Cuando el proyecto disponga de áreas de mantenimiento para maquinaria, lavadero de llantas o otras actividades que generen vertimiento.
Estiba antiderrame 2 posiciones 120x80x18cm Amarillo	Un		$ 1,050,000.00		$ -	Estiba de contención antiderrame para la ubicación de grasas, aceites o combustibles
Muestreos y análisis de vertimientos	Un		$ -		$ -	Según requerimiento Autoridad Ambiental
3.3. Manejo para el uso eficiente del agua y la energía						
Tanque o Ekomuro para la captación y aprovechamiento de aguas lluvias	Un		$ 185,320.00		$ -	
Macromedidor tipo Woltman horizontal 2"	Un		$ 990,500.00		$ -	Se deberá disponer de uno por cada captación de agua superficial que habilite el proyecto

PROGRAMA 4. Biodiversidad y servicios ecosistémicos					
4.1. Manejo de descapote y cobertura vegetal					
Poda de árboles	Un		$ -	$ -	
4.2. Recuperación de áreas afectadas					
Mantenimiento de áreas compensadas o con enriquecimiento forestal (Epifitas No Vasculares, Aprovechamiento forestal Unico)	Ha		$ 2,000,000.00	$ -	
Mantenimiento y seguimiento de epifitas vasculares (Incluye informe con texto, bases de datos, registro fotográfico, georreferenciación y cartografía tipo GDB o shape)	Un		$ 16,529.00	$ -	
4.3. Manejo para la protección de fauna					
Jornadas de ahuyentamiento de fauna silvestre	Un		$ 298,800.00	$ -	Valor correspondiente a equipos de rescate y ahuyentamiento de Fauna (Incluye set de herramientas y guacal)
Jornadas de ahuyentamiento de fauna silvestre	Un		$ 4,000,000.00	$ -	Valor correspondiente a equipos de rescate y ahuyentamiento de Fauna (Incluye pinzas, guacales, trampas Tomahawk, redes para mamiferos, bastón pértiga de control, guantes para manipulación de animales de camaza, binoculares, GPS y cajas plásticas con tapa de huecos)
PROGRAMA 5. Manejo de instalaciones temporales					
5.1. Instalación, funcionamiento y desmantelamiento de campamentos y sitios de acopio					
Estación de Madera 1.5 m	Un	5	$ 35,900.00	$ 179,500	
Rollo tela verde 100m x 2.10m ancho 55gr/m2	Un	1	$ 307,500.00	$ 307,500	
Plástico negro polietileno de grueso calibre, (150 m, calibre 5.5 ancho de 3 m)	Un	1	$ 788,900.00	$ 788,900	Cargado de materiales de construccion y aislamiento de zonas de acopio de materiales
Teja Zinc Ondulada 3.048x0.80mt Cal 35 0.17mm	Un	2	$ 31,900.00	$ 63,800	Creación de campamentos o acopios temporales
Tubo rectangular 100 x 40 x 1.5mm x 6m cerrajeria	Un	4	$ 150,000.00	$ 600,000	Creación de campamentos o acopios temporales
Cinta Demarcación 500 m	Rollo	5	$ 80,600.00	$ 403,000	Delimitacion de áreas y senderos peatonales
Bellzas con bandas reflectivas	Un	10	$ 60,000.00	$ 600,000	
5.2. Manejo para el control de emisiones atmosféricas y ruido					
Humectación de vías/áreas de trabajo para control de material particulado	Hora	1	$ 98,717.00	$ 98,717	El agua provendrá de acueducto veredal y/o municipal o concesión de aguas, a través de sistemas de irrigación acordados con la interventoría y se cancela en los casos que esta actividad no se contempla en el APU de la actividad constructiva.
Polisombra Negra 35% - Rollo 4 Mt X 100mt	Un		$ 459,900.00	$ -	Retención de material particulado en frentes de obra, aislamiento de áreas sensibles aledañas
Construcción de lavadero de tantas	Un		$ 277,114.00	$ -	Control de dispersión de material de arrastre a vías, que puedan generar material particulado al paso de vehículos, una vez seco
Mediciones de ruido	Un		$ 2,000,000.00	$ -	
Muestreos y análisis isocinéticos	Un		$ 3,000,000.00	$ -	
Muestreos y análisis de material particulado	Un		$ 2,600,000.00	$ -	
2				$ 10,143,747	
SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO					
PROGRAMA 1. Gestión administrativa SST					
Logo institucional	Un	5	$ 30,000.00	$ 150,000	Imagen institucional
Carné personal	Un	5	$ 8,855.00	$ 44,275	Imagen institucional
Chaquetas institucionales para personal administrativo	Un	2	$ 95,400.00	$ 190,800	Manual de obra publica
PROGRAMA 2. Salud en el Trabajo – Medicina preventiva					
Capacitación en alturas	Un		$ 210,000.00	$ -	Solo si se requiere la actividad
Capacitación en espacios confinados	Un		$ 600,000.00	$ -	Solo si se requiere la actividad
Agua para hidratación	Botella	100	$ 700.00	$ 70,000	Botella de 300 ml

PROGRAMA 3. Seguridad en el trabajo					
Cinta Señalización de 500 m . color naranja - blanco o amarillo-negro	Rollo	2	$ 22,662.36	$ 45,325	Delimitación de puntos críticos
Extintor ABC 20 LB	Un	1	$ 89,680.78	$ 89,681	Emergencias
Botiquín cruz roja de primeros auxilios ref. 115 en lona	Un	1	$ 312,799.83	$ 312,800	Emergencias
Camilla Emergencia Polietileno 185x45cm (incluye IVA)	Un	1	$ 194,726.84	$ 194,727	Emergencias
Señales de campamento - avisos en polietileno de 30 x 50 cm	Un	1	$ 148,900.00	$ 148,900	Salidas de emergencia. Solo personal autorizado. Punto de encuentro. Botiquín. Extintores. Sustancias peligrosas. Punto ecológico.Acopios. Rutas de evacuación. Camilla. Riesgo eléctrico. Herramientas. Uso de EPP.
Kit para trabajo en alturas	Un		$ 695,809.66	$ -	Solo si se requiere la actividad
Línea de vida vertical	Un		$ 243,609.66	$ -	Solo si se requiere la actividad
Subtotal Gestión Seguridad y Salud en el Trabajo				**$ 1,344,807**	

VALOR TOTAL INVERSIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL, SOCIAL y SST	$ 13,188,284.00

1. Dentro del Factor Prestacional debe incluirse la dotación contemplada por la ley.

3. El personal Socioambiental y de Seguridad del Trabajo, está cargado dentro del personal administrativo de la obra.

4. Los costos del proyecto "Manejo y Disposición final de escombros" se encuentran incluidos en el presupuesto de obra del proyecto, en el ítem 1,01: "Disposición final de material sobrante", el cual incluye descapote, conformación y compactación, así como revegetación de las zonas planas usadas en el depósito, en caso de ser requerido.

5. Los costos de el proyecto de "Manejo de Maquinaria y Equipo" son responsabilidad del contratista de obra.

6. El contratista es responsable de brindar las capacitaciones en materia ambiental de seguridad y salud en el trabajo y de relaciones con la comunidad y demás requeridas para el personal vinculado al contrato.

7. La actividades de atención a la comunidad, como adecuación de oficina para atención al ciudadano relacionado con el proyecto, se contempla en los costos de administración, en el ítem de "Instalaciones temporales".

Elaboró

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

* Los valores unitarios incluyen IVA del 19%

* Los valores unitarios incluyen IVA del 19%

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 20C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y EL ZONA URBANA, EL INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
11	Localización, traslado y replanteo con equipos de topografía. Incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.	día

I. EQUIPO

Descripción	Cantidad	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor Unit
Estación Total con nivel	1			$91.735	1.00	$91,735.
Camioneta doble cabina modelo 2017 o superior (día)	1			$351.618	1.00	$351,618.
Herramienta menor	1			$488,561.	2%00	$14,429
					Sub-Total	$472,182.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Valor Unit
Largueros madera comun 4cmx8cmx2.80	Und	4.00	$8,765.	$32,860.
Clavos corrientes 1½ a 3½"	lb	0.50	$2,917.	$1,459.
			Sub-Total	$33,719

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor Unit.
Topógrafo	$151,733.	$233,964.	1.00	$233,964.
Cadenero II	$100,533.	$212,601.	1.00	$212,601.
Cadenero 2	$51,133	$106,647.	1.00	$106,647.
			Sub-Total	$553,547.
			Total Costo Directo	$ 1,059,448

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	0.00%	$0
UTILIDAD	0.00%	$0.
IMPREVISTOS	0.00%	$0.
Total sobrecostos		$0.
Sub-Total	0.00%	$0.
Precio unitario total aproximado al peso		$1,059,448.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HUMAÑO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202 373570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
2.1	Demolición de estructuras (Concreto reforzado), hasta un espesor de 20cm. Incluyo cargue, transporte y disposición de los materiales provenientes de la demolición	m3

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor-Unit
Compresor neumático. Incluye un martillo, operador y combustible [hr]			$113,734.	20.00	$5,687.
Equipo de Oxicorte incluyendo accesorios [hr]			$29,851.	20.00	$1,493.
Retroexcavadora llanta [hr]			$161,741.	20.00	$8,087.
Herramienta menor			$19,801.	20.00	$990.
				Sub-Total	$16,256.

III. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso (ton)	Distancia	Cantidad (m3-Km / ton-Km)	Tarifa	Valor-Unit
Transporte de material			7.00	$1,132.	$7,924.
Disposición final del material, derecho de botadero			1.40	$5,709.	$7,993.
				Sub-Total	$15,917.

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
Oficial Demoliciones	$106,533.	$212,081.	18.00	$11,778.
Ayudantes Rasos (2)	$108,266.	$213,284.	18.00	$11,849.
			Sub-Total	$23,627.
			Total Costo Directo	$ 55,800

IV.COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	0.00%	$0.
UTILIDAD	0.00%	$0.
IMPREVISTOS	0.00%	$0.
Total sobrecostos		$0.
Sub-Total	0.00%	$0.
Precio unitario total aproximado al peso		$55,800.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
2.2	Cargue y Retiro de material sobrante y proveniente de las excavaciones. Incluye transporte a hasta los botaderos oficiales, o designados por la interventoria.	m3

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Dia	Rendimiento	Valor-Unit
Volqueta			$600.000	25.00	$24.000
Herramienta menor			$357		$357
				Sub-Total	$24.357

II. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso (ton)	Distancia	Cantidad (m3-Km / ton-Km)	Tarifa	Valor-Unit
Transporte de material			3.67	$1.132	$4.043
Disposición final del material, derecho de botadero					
				Sub-Total	$4.043

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
Ayudantes Rasos (2)	$108.266	$213.284	25.00	$8.531
			Sub-Total	$8.531
			Total Costo Directo	**$ 36.931**

IV.COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	0.00%	$0
UTILIDAD	0.00%	$0
IMPREVISTOS	0.00%	$0
Total sobrecostos		$0
Sub-Total	0.00%	$0
Precio unitario total aproximado al peso		$36.931

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD
3.1	Cerramiento provisional en lata verde Sucio, H=2.50 con postes en madera cepillada a cada metro. Cl. 60 M	m

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor-Unit
Herramienta menor			$5.930	20.00	$297.
				Sub-Total	$297.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio-Unit	Valor-Unit
Poste cerramiento madera 4" h= 2.5 m	m.	1.00	$3.376.	$4,054
Varillón de pino Cepeá de 2"*2"x 3m	Unidad	1.00	$22.900.	$20.900.
Clavos y otros	kg	0.05	$7,060.	$371.
			Sub-Total	$25,415.

III. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso (ton)	Distancia	Cantidad (m3-Km / ton-Km)	Tarifa	Valor-Unit
Transporte interno de materiales			1.30.00	$1%	$2,470.
				Sub-Total	$2,470

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
Ayudante Raso	$64,133	$136,642.	45.06	$2,367.
Oficial	$135,533	$212,001.	45.05	$4,706.
			Sub-Total	$7,074.
			Total Costo Directo	$ 35,256

IV. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	0.00%	$0.
UTILIDAD	0.00%	$0.
IMPREVISTOS	0.00%	$0.
Total sobrecostos		$0.
Sub-Total	0.00%	$0.
Precio unitario total aproximado al peso		$35,256

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS KEHAO LOPES
Profesional Universitario DISTRITO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-276570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD
4.1	Excavación mecánica sin clasificar de la explanación y disposición final de material incluye transporte	m3

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor Unit
Retroexcavadora sobre Llantas			$180.200	12.01	$15.005
Herramienta menor			$2.417	5.00	$121
				Sub-Total	$15.126

II. TRANSPORTES

Descripción	Volumen	Distancia	Cantidad (m3)	Tarifa	Valor Unit
Disposición final material (derecho de botadero)			3.50	$1.600	$5.160
Transporte			7.50	$4.520	$31.900
				Sub-Total	$34.460

III. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total [*]	Rendimiento	Valor Unit
Ayudante Raso [1]	$34.100	$110.642	150.00	$989
Ayudante Especial	$97.957	$439.215	*22.00	$1.970
			Sub-Total	$1.959

Total Costo Directo	$31.570

IV. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	0.00%	$0
UTILIDAD	0.00%	$0
IMPREVISTOS	0.00%	$0
Total porcentaje		$0
Sub-Total	0.00%	$0

Precio unitario total aproximado al peso	$31.570

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS NAVAU YEPES
Profesional Universitario, INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 08202-137576 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD
4.2	Excavación manual en material conglomerado en cualquier clase de suelo hasta 0,20 m, para cunetas o localización de cualquier grado de humedad entre 0-2m y de acuerdo con la especificación 600-13 de INVIAS, incluye retiro descompuesta, botel de vara, acarreo interno de los materiales excedentes de la demolición y todo lo necesario para su correcta ejecución. Incluye todo lo relacionado	m3

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta menor			$20.050.	20.00	$1,005.
				Sub-Total	$1,005.

II. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso (Ton)	Distancia	Cantidad (m3-Km/Ton-Km)	Tarifa	Valor-Unit
Disposición final del material, derecho de botadero			1.20	$5,709.	$7,422.
				Sub-Total	$7,422.

III. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
Ayudante Raso (2)	$109,956.	$219,284	7.50	$29,438.
Ayudante Enterador	$87,967.	$133,275.	7.50	$17,767.
			Sub-Total	$47,205.

Total Costo Directo	$ 56,627

IV. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	0.00%	$0.
UTILIDAD	0.00%	$0.
IMPREVISTOS	0.00%	$0.
Total sobrecostos		$0.
Sub-Total	0.00%	$0.

Precio unitario total aproximado al peso	$56,627.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HUMBERTO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 08202-275972 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
4.5	Suministro, colocación, conformación y compactación de Subbase granular, no incluye transporte. Compactación hasta obtener una densidad mínima del 98%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado.	m2

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor-Unit
Compactador vibratorio ingersoll rand DD-110HF o equivalente			$157,080.	12.00	$13,090.
Herramienta menor			$17,836.	5%	$892.
				Sub-Total	$13,982.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio-Unit	Valor-Unit
Base Granular	m3	1.300000	$111,265.00	$144,645.
			Sub-Total	$144,645.

III. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso (ton)	Distancia	Cantidad (m3-Km / ton-Km)	Tarifa	Valor-Unit
Transporte					
				Sub-Total	$0.

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
Ayudante Raso	$54,133.	$106,642.	5.00	$21,328.
			Sub-Total	$21,328.
			Total Costo Directo	**$ 179,955**

IV.COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	0.00%	$0.
UTILIDAD	0.00%	$0.
IMPREVISTOS	0.00%	$0.
Total sobrecostos		$0.
Sub-Total	0.00%	$0.
Precio unitario total aproximado al peso		$179,955.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
4.4	Suministro y colocación de base granular BG-38, con medios mecánicos y compactado al 95% mínimo del ensayo del proctor modificado. Segun norma INVIAS. No incluye transporte, se cobrara en su respectivo item.	m3

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor-Unit
Compactador vibratorio ingersoll rand DD-110HF o equivalente			$157,080.	15.00	$10,472.
Herramienta menor			$5,945.	5%	$297.
				Sub-Total	$10,769.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio-Unit	Valor-Unit
Base Granular	m3	1.30	$158,389.	$205,906.
			Sub-Total	$205,906.

III. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso (ton)	Distancia	Cantidad (m3-Km / ton-Km)	Tarifa	Valor-Unit
					$0.
				Sub-Total	$0.

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
Ayudante	$64,133.	$106,642.	15.00	$7,109.
			Sub-Total	$7,109.
			Total Costo Directo	**$ 223,784**

IV.COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	0.00%	$0.
UTILIDAD	0.00%	$0.
IMPREVISTOS	0.00%	$0.
Total sobrecostos		$0.
Sub-Total	0.00%	$0.
Precio unitario total aproximado al peso		$223,784.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375670 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO
5.1		Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 19 que cumpla con la norma INVIAS 2013. Incluye: colocación con terminadora (finisher) y compactación. No incluye imprimación, ni transporte de materiales, que se pagarán en su respectivo ítem. Su medida de pago será metro cúbico compacto medido en sitio.	m3		$ 1,625,560

1. COSTOS DIRECTOS

I. EQUIPO

Nº		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1		Compactador vibratorio	hora	$ 142,800	45.00	$ 3,173
2		Terminadora Finisher	hora	$ 290,000	45.00	$ 6,444
3		Compactador de llanta	hora	$ 203,500	45.00	$ 4,522
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
		Herramienta menor (5% m.o)	%	5.00%	$ 232,134.90	$ 11,607
					SUBTOTAL	$25,747.

II. MATERIALES

Nº			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DESP.	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1			Mezcla MDC - 19	m3	1.18	5.00%	$ 952,634	$ 1,180,314
2								$ 0
3								$ 0
4								$ 0
5								$ 0
6								$ 0
7								
8								
9								
							SUBTOTAL	$1,180,314.

III. TRANSPORTES

Nº			DESCRIPCIÓN	TIPO	Volumen/Peso	Distancia	TARIFA (Km)	VR. UNITARIO
1	Transporte de maquinaria finisher, vibrador, compactador en llanta, incluye cama baja, carro guía				1.00000	1.00	$ 140,250	$ 140,250
2								
3								
							SUBTOTAL	$140,250.

IV. MANO DE OBRA

Nº	CARGOS PERSONAL	CANTIDAD		JORNAL TOTAL	JORNAL + PRESTA	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1	Oficial de construcción	2.00		$ 106,533	212,000.67	4.00000	$ 106,000
2	Ayudante raso	4.00		$ 54,133	106,842.01	4.00000	$ 105,842
3	ayudante entendido	2.00		$ 67,967	133,215.32	4.00000	$ 66,608
						SUBTOTAL	$279,250

V. SERVICIOS

Nº			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1							
2							
3							
						SUBTOTAL	

TOTAL COSTO DIRECTO	$ 1,625,560

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375670 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO
5.2		Suministro y aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento C.R.L.- 1 o C.R.L. - 0 para imprimación de superficie a pavimentar según normas para la construcción de pavimentos del INVIAS. Incluye todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Incluye Limpieza de superficie y Riego inicial con carrotanque	m2		$ 5,523

1. COSTOS DIRECTOS

I. EQUIPO

N°		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1		carro tanque	hora	$ 65,300	300.00	$ 217
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
		Herramienta menor (5% m.o)	%	5.00%	$ 2,098.38	$ 105
					SUBTOTAL	$322.

II. MATERIALES

N°			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DESP.	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1			emulsion asfaltica	gl	0.1	5.00%	$ 25,640	$ 2,692
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
							SUBTOTAL	$2,692.

III. TRANSPORTES

N°			DESCRIPCIÓN	TIPO	Volumen/Peso	Distancia	TARIFA (m3*Km)	VR. UNITARIO
1								
2								
3								
							SUBTOTAL	

IV. MANO DE OBRA

N°	CARGOS PERSONAL	CANTIDAD		JORNAL TOTAL	JORNAL + PREST.	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
2	Ayudante raso	2.00		$ 54,133	106,642.01	85.00000	$ 2,509
						SUBTOTAL	$2,509.

V. SERVICIOS

N°			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1							
2							
3							
						SUBTOTAL	

TOTAL COSTO DIRECTO	$ 5,523

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO
6.1		Suministro e instalacion de Señalización vertical reglamentaria, preventiva e informativa de 60x60 cms en lámina galvanizada C. 16 y reflectivo grado 4 alta intensidad prismatico, estructura en ángulo de 2"x1/4	m3		$ 478,091

1. COSTOS DIRECTOS

I. EQUIPO

Nº		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1		Compresor 12hp con martillo	hora	$ 99,875	20.00	$ 4,994
2		Cortadora de pavimentos	hora	$ 18,800	20.00	$ 940
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
		Herramienta menor (5% m.o)	%	5.00%	$ 25,724.00	$ 1,336
					SUBTOTAL	$7,270.

II. MATERIALES

Nº			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DESP.	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1			Señalización vial 60x60		1.0		$ 419,750	$ 419,750
2			Concreto 21 MPA (3000 psi)	m3	0.02000		$ 730,350	$ 14,607
7								
8								
9								
10								
							SUBTOTAL	$434,357.

III. TRANSPORTES

Nº			DESCRIPCIÓN	TIPO	Volumen/Peso	Distancia	TARIFA (m3*Km)	VR. UNITARIO
1			Insumos generales	Generales	1.00000	230.00	$ 20	$ 4,600
2								
3								
							SUBTOTAL	$4,600.

IV. MANO DE OBRA

Nº	CARGOS PERSONAL	CANTIDAD		JORNAL TOTAL	JORNAL + PRESTA	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1	Oficial de construccion	1.00		$ 106,533	212,000.67	10.00000	$ 21,200
2	Ayudante raso	1.00		$ 54,133	106,642.01	10.00000	$ 10,664
						SUBTOTAL	$31,864.

V. SERVICIOS

Nº			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1							
2							
3							
						SUBTOTAL	

TOTAL COSTO DIRECTO	$ 478,091

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO
6.3		Demarcación de línea de 0.12 mts de ancho para señalización, pintura plastica en frio lineal (amarillo o blanco).	m2		$ 91,833

1. COSTOS DIRECTOS

I. EQUIPO

N°		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
		Herramienta menor (5% m.o)	%	5.00%	$ 14,295.35	$ 715
					SUBTOTAL	$715.

II. MATERIALES

N°			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DESP.	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1			Pinturrático plástico en frio en línea	gl	0.3	0.00%	$ 245,620	$ 71,230
7			Cinta de Enmascarar	m	2.00		$ 522	$ 1,044
8								
9								
10								
							SUBTOTAL	$72,274.

III. TRANSPORTES

N°			DESCRIPCIÓN	TIPO	Volumen/Peso	Distancia	TARIFA (m3*Km)	VR. UNITARIO
1			Insumos generales	Generales	1.10000	72.00	$ 20	$ 1,584
2								
3								
							SUBTOTAL	$1,584.

IV. MANO DE OBRA

N°	CARGOS PERSONAL	CANTIDAD		JORNAL TOTAL	JORNAL + PRESTA	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1	Oficial de construcción	1.00		$ 105,533	$ 212,001	20.00000	$ 10,600
3	ayudante entendido	1.00		$ 67,967	$ 133,215	20.00000	$ 6,661
						SUBTOTAL	$17,261.

V. SERVICIOS

N°			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1							
2							
3							
						SUBTOTAL	

TOTAL COSTO DIRECTO	$ 91,833

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIRECTO
6.2		Demarcacion de linea de 0.10 mts de ancho para division de carril y borde de via, para via vehicular en pintura acrilica para trafico. Incluye dos manos de pintura para un buen acabado, se mide en sitio.	ML		$ 4,415

1. COSTOS DIRECTOS

I. EQUIPO

N°		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1		Compresor de pintura con todos	hora	$ 55,000	60.00	$ 1,083
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
		Herramienta menor (5% m.o)	%	5.00%	$ 953.02	$ 48
					SUBTOTAL	$1,131.

II. MATERIALES

N°			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DESP.	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1			Pintura tipo trafico	gl	0.0	5.00%	$ 209,352	$ 550
7								
8								
9								
10								
							SUBTOTAL	$550.

III. TRANSPORTES

N°			DESCRIPCIÓN	TIPO	Volumen/Peso	Distancia	TARIFA (m3*Km)	VR. UNITARIO
1			Insumos generales	Generales	1.10000	72.00	$ 20	$ 1,584
2								
3								
							SUBTOTAL	$1,584.

IV. MANO DE OBRA

N°	CARGOS PERSONAL	CANTIDAD		JORNAL TOTAL	JORNAL + PREST.	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO
1	Oficial de construcción	1.00		$ 106,533	$ 212,001	300.00000	$ 707
3	ayudante entendido	1.00		$ 67,967	$ 133,215	300.00000	$ 444
						SUBTOTAL	$1,151.

V. SERVICIOS

N°			DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. UNITARIO
1							
2							
3							
						SUBTOTAL	

TOTAL COSTO DIRECTO	$ 4,415

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375970 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
7.1	Transporte de asfalto	m

II. EQUIPO

Descripción	Herramienta menor	Cantidad	Tarifa/Hora o Día	Rendimiento	Valor Unit
Herramienta menor		1	$0	5%	$0
				Sub-Total	$0

III. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Valor Unit
			Sub-Total	$0

III. TRANSPORTE

Descripción	Volumen (m3) - Peso (ton)	Distancia (Km)	Cantidad (m3-Km / ton-Km)	Tarifa	Valor Unit
Transporte de material (desde) (hasta)	1.00	75.00	1.00	$1,440	$ 1,440.00
				Sub-Total	$1,440

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor Unit
			Sub-Total	$0

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-275570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD
7.2	Transporte de tuba	m3

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Cantidad	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor-Unit
Herramienta menor			$0.	5%	$0.
				Sub-Total	$0.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio-Unit	Valor-Unit
			Sub-Total	$0.

III. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso (Ton)	Distancia (Km)	Cantidad (m3-Km / Ton-Km)	Tarifa	Valor-Unit
Transporte de material desde mina/cantera/otro	1.00	75.00	1.00	$1.44	$ 1,440.00
				Sub-Total	$1,440.

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
			Sub-Total	

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS LENIN YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-37577 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD
8.1	Construcción de cuneta Bateliño, en concreto reforzado, tipo INVIAS de 20,74cm (3000PSI), incluye refuerzo de 60,000PSI, fundida in-situ, con base estable =0,10m, e Prom=0,15m, curado y sellos de pasta cada 2,5 m	m

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Cantidad	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor-Unit
Herramienta menor			$11,592.	0%	$0
				Sub-Total	$0.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Valor-Unit
Alambre recocido C 18	kg	0.50	$7,200.	$3,600.
Arenilla	lb	9.30	$6,300.	$1,890.
Tabla formaleta	un	1.00	$17,100	$17,100.
kerdilen de caja	m	0.20	$7,633.	$4,227.
concreto de 21kpa	m3	0.19	$730,358.	$130,768.
acero de 60	kg	3.50	$7,850.	$27,476
excavacion	m3	0.57	$28,560	$16,279
sello de juntas	m	0.57	$43,500.	$18,068.
Confinamiento de bentic	m3	0.02	$155,250.	$3,125.
			Sub-Total	$230,528.

III. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso (Ton)	Distancia (Km)	Cantidad (m3-Km / Ton-Km)	Tarifa	Valor-Unit
Transporte equipos menores	1.00			$32,500	$ 32,500.00
				Sub-Total	$32,500

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
Oficial	$109,530.	$212,001.	26.00	$8,490
Ayudante Enmarcado [1]	$67,967.	$130,211.	25.00	$5,329.
			Sub-Total	$13,805.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HEVIA YEPES
Profesional Universitario INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-105570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
9.1	Suministro, transporte e instalación de TUBERÍA PVC-S Ø10". Incluye pega, adhesivos, codos, grapas, fijaciones y todo lo necesario para el correcto funcionamiento de la actividad.	m

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Cantidad	Tarifa/Hr (p-D)a	Rendimiento	Valor-Unit
Herramienta menor			$37.95	5%	$2,000.
				Sub-Total	$2,000.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio-Unit	Valor-Unit
Tubería PVC-S, Ø= 10" - NOVAFORT	m	9.05	$100,240.	$110,502.
Soldadura PVC (Unión Simple) 1/4	gal	0.01	$136,999.	$752.
Limpiador Removedor PVC x 1/4 pegajón	gal	0.01	$66,013.	$363.
			Sub-Total	$111,618

III. TRANSPORTES

Descripción	Volqueta	Distancia (Km)	Cantidad (m3-	Tarifa	Valor-Unit
Transporte equipos y suministros	1.20	75.00	106.00	$960	$99,750.00
				Sub-Total	$99,750.

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (p	Rendimiento	Valor-Unit
Oficial	$106,533.	$212,001.	5.00	$42,400
Ayudante Estandar (1)	$97,967.	$153,215.	5.00	$26,643.
			Sub-Total	$69,043.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HERNANDEZ

Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL

MATRICULA PROFESIONAL: 05202-279570 ANT

EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
9.2	Construcción de cunetas de concreto estructural (f'c=210 kg/cm²), con tapa incluida. El ítem contempla retirar el enrocado existente para la construcción de la cuneta de la progresiva KM 0+000 hasta el K0+100, asegurando su integración con el nuevo sistema de drenaje.	UNIDAD

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Cantidad	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor Unit
Herramienta menor			$987.269	5%	$0
				Sub-Total	$0

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Valor Unit
Pegante plastomérico de 5% Mezcla	kg	1.00	$542.413	$542.673
Clavija	lb	1.50	$6.300	$9.450
Tabla, formaleta	m	25.00	$17.100	$427.500
varillas de hierro	m	0.25	$7.631	$4.225
concreto de 21mpa	m3	0.70	$807.466	$565.226
mano de obra	hr	22.00	$7.831	$172.309
				Sub-Total	$1.721.727

III. TRANSPORTES

Descripción	Volumen (m3) - Peso	Distancia (Km)	Cantidad (m3-Km/ton-Km)	Tarifa	Valor Unit
Transporte equipos menores	1.00			$32.500.	$37.500.00
				Sub-Total	$32.000.

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor Unit
Oficial	$106.500	$212.000.	2.00	$264.001.
Ayudante Especializado (1)	$97.957.	$133.215.	1.00	$166.519.
				$431.520.

NOMBRE DE QUIEN ELABORÓ: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-276570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD
9.3	Mantenimiento manual de canaletas cuneta tipo, retiro de residuos, hojas y sedimentos acumulados limpieza y excavación hasta la profundidad del estado del sumidero y disposición del material extraído	UNIDAD

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Cantidad	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor Unit
Herramienta menor		1	$223.05	5%	$11,175.
				Sub-Total	$11,175.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Valor Unit
0	0	0,00	$0	$0.
			Sub-Total	$0

III. TRANSPORTES

Descripción	Volumen	Distancia (Km)	Cantidad (m3-Km)	Tarifa	Valor Unit
Transporte equipos y herramientas	1,00			$9.600	$ 9.600,00
				Sub-Total	$9.600

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+	Rendimiento	Valor Unit
Ayudante Especializado (1)	537,967	$100,215.	0,50	$266.431.
			Sub-Total	$266.431.

NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS JIRAO YEPES
Profesional Universitario. INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 0620-275670 ANT
EQUIPO FORMULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
9.4	Retiro de cercas de Alambre tensionado, incluye equipo, retiro de los postes.	UNIDAD

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Cantidad	Tarifa/Hora-Día	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta menor		1	$790,496.	5%	$11,175
				Sub-Total	$11,175.

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio-Unit	Valor-Unit.
Concreto de 21Mpa	m3	0.30	$730,358.	$219,107.
Cuarto M4	und	0.00	$700,000.	$168,000.
Cono	und	0.60	$245,000.	$147,000
Formaleta	m2	3.00	$15,000.	$45,000.
				$0.
			Sub-Tota	$579,107.

III. TRANSPORTES

Descripción	Volquetas	Distancia (Km)	Cantidad (m3)	Tarifa	Valor-Unit.
Transporte residuos pétreos	1.00			$3.600	$ 3,600.00
				Sub-Total	$3,600

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Oficial	$306,533	$612,001.	0.90	$756,666.
Ayudante Ejemplo (2)	$67,957.	$133,215.	2.00	$148,017.
			Sub-Total	$569,573.

NOMBRE DEL QUIEN ELABORA: CARLOS HERNANDO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 0620205760 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO PRELIMINARES	ELABORÓ:	FECHA:

Nº	ITEM	Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluya vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.	UNIDAD:
1.00			día

UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTURA	CANT.	FACTOR	TOTAL
VIA	N.A	N.A	N.A	1	N.A	1.00
Nº 1.00					TOTAL	1.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO DEMOLICIONES, CORTE Y RETIROS**						**ELABORÓ:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Demolición de estructuras (Concreto reforzado), hasta un espesor de 20cm. Incluye cargue, transporte y disposición de los materiales provenientes de la demolición.**							**UNIDAD:**
2.00									m3
UBICACIÓN		**LARGO**	**ANCHO**	**ALTURA**	**CANT.**	**FACTOR**	**TOTAL**	**DETALLES**	
VIA		90	6.8	0.20	N.A	N.A	122		
Nº	**2.00**					**TOTAL**	**122**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO CERRAMIENTOS						ELABORÓ:	FECHA:
Nº	ITEM	Cerramiento provisional en tela verde Sarán H=2.50 con estacones redondos en madera común o pino ciprés C/1.50 M							UNIDAD:
3.00									m
UBICACIÓN		LARGO	ANCHO	ALTURA	CANT.	FACTOR	TOTAL	DETALLES	
VIA		90.00	N.A	N.A	2	N.A	180		
Nº	3.00					TOTAL	180		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL

MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS						ELABORO:	FECHA:
Nº	ITEM	Excavación mecánica sin clasificar de la explanación y disposicion final de material. Incluye transporte							UNIDAD:
4.00									m3
UBICACION		LARGO	ANCHO	ALTURA	CANT.	FACTOR	TOTAL	DETALLES	
BASE		90	6.8	0.10	1	N.A	61.20		
SUB BASE		90	6.8	0.17	1	N.A	104.04		
ASFALTO		90	6.8	0.08	1	N.A	48.96		
DEMOLICION		90	6.8	(0.30)	1	N.A	(183.60)		
Nº	4.00					TOTAL	93		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375670 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN				ELABORÓ:	FECHA:
Nº	ITEM	Suministro y colocación de base granular BG-38, con medios mecánicos y compactado al 95% mínimo del ensayo del proctor modificado. Segun norma INVIAS. No incluye transporte, se cobrara en su respectivo item.					UNIDAD: m3
5.00							

UBICACIÓN	ESPESOR	LARGO	ANCHO	CANTIDAD	AREA	TOTAL
VIA	0.10	90.00	6.80	1.00	612.00	61.20
Nº 5.00					TOTAL	61.20

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN						ELABORÓ:	FECHA:
Nº	ITEM	Suministro, colocación, conformación y compactación de Subbase granular, no incluye transporte. Compactación hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado.							UNIDAD:
6.00									m3
UBICACIÓN		LARGO	ANCHO	AREA	ESPESOR	CANTIDAD	TOTAL	DETALLES	
VIA		90.00	6.8	612	0.17	1	104.04		
Nº	6.00					TOTAL	104.04		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario. INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN	ELABORÓ:	FECHA:

Nº	ITEM	Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 19 que cumpla con la norma INVIAS 2013. Incluye: colocación con terminadora (finisher) y compactación. No incluye imprimación, ni transporte de materiales, que se pagarán en su respectivo ítem.	UNIDAD:
7.00			m3

UBICACION	ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL
VIA	0.08	90.00	6.80	612.00	1.00	48.96
Nº	7.00				TOTAL	48.96

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	**CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN**	**ELABORÓ:**	**FECHA:**

Nº	**ITEM**	**Suministro y aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento C.R.L.- 1 o C.R.L. - 0 para imprimación de superficie a pavimentar según normas para la construcción de pavimentos del INVIAS. Incluye todo lo necesario para su correcta construcción y**	**UNIDAD:**
8.00			m2

UBICACIÓN	**ESPESOR**	**LONGITUD**	**ANCHO**	**AREA**	**CANTIDAD**	**TOTAL**
VIA	N.A	90	6.8	612	1	612.00
Nº **8.00**					**TOTAL**	**612.00**

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN	ELABORO:	FECHA:
Nº 9.00	ITEM: Suministro e instalacion de Señalización vertical reglamentaria, preventiva e informativa de 60x60 cms en lámina galvanizada C. 16 y reflectivo grado A alta intensidad prismatico, estructura en ángulo de 2"x1/4	UNIDAD: un	

UBICACIÓN	ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL
VIA	N.A	N.A	N.A	N.A	6	6.00
Nº 9.00					TOTAL	6.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN	ELABORÓ:	FECHA:

Nº	ITEM		UNIDAD:
10.00		Demarcación de línea de 0.10 mts de ancho para división de carril y borde de vía, para vía vehicular en pintura acrílica para tráfico. Incluye dos manos de pintura para un buen acabado, se mide en sitio.	m

UBICACIÓN	ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL
VIA	N/A	90.00	N/A	N/A	4.00	360.00
Nº 10.00					TOTAL	360.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT

EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN**						**ELABORÓ:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Demarcación de lineas de 0.12 mts de ancho para señalización, pintura plastica en frio lineal (amarillo o blanco).**							**UNIDAD:**
11.00									**$0.00**
UBICACION		**ESPESOR**	**LONGITUD**	**ANCHO**	**AREA**	**CANTIDAD**	**TOTAL**	**DETALLES**	
PARE		N/A	4.00	1.00	4.00	4.00	16.00		
GIRO		N/A	5.00	1.95	9.75	2.00	10.00		
LINEA		N/A	4.00	0.40	1.60	2.00	8.00		
					0.00		0.00		
Nº	**11.00**					**TOTAL**	**34.00**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO TRANSPORTE**						**ELABORÓ:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Transporte de asfalto**							**UNIDAD:**
12.00									m3 - km
UBICACIÓN		**ESPESOR**	**LONGITUD**	**ANCHO**	**LARGO**	**CANTIDAD**	**TOTAL**	**DETALLES**	
VIA		0.08	75.00	6.80	90.00	1.00	3.672.00		
Nº	**12.00**					**TOTAL**	**3.672.00**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario. INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO TRANSPORTE**						**ELABORÓ:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Transporte de base**							**UNIDAD:**
13.00									**m3 - km**
UBICACIÓN		**ESPESOR**	**LONGITUD**	**ANCHO**	**LARGO**	**CANTIDAD**	**TOTAL**	**DETALLES**	
VIA		0.27	75.00	6.80	90.00	1.00	12,393.00		
Nº	**13.00**					**TOTAL**	**12,393.00**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8. ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS	ELABORÓ:	FECHA:

Nº	ITEM	Mantenimiento manual de sumideros existentes, retiro de residuos, hojas y sedimentos acumulados. Incluye revisión básica del estado del sumidero y disposición del material extraido	UNIDAD:
14.00			unidad

UBICACIÓN		ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL
SUMIDEROS	SE03	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	SE04	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	SE05	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	SE06	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	SE07	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	SE08	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
Nº	14.00					TOTAL	8.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8. ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS	ELABORÓ:	FECHA:

Nº	ITEM	Realce de cuellos de MH existentes, incluye empalmes, resane de las juntas.	UNIDAD:
15.00			unidad

UBICACIÓN		ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL
MH	MH01	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	MH02	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	MH03	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
Nº	15.00					TOTAL	3.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO PRELIMINARES	ELABORO:	FECHA:

Nº	ITEM	Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluye vehiculo para el transporte de personal y equipo con dedicación esclusiva.	UNIDAD:
16.00			dia

UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTURA	CANT.	FACTOR	TOTAL
VIA	N.A	N.A	N.A	1	N.A	1.00
Nº	16.00				TOTAL	1.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8. ZONA URBANA, EL INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO DEMOLICIONES, CORTE Y RETIROS**						**ELABORO:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Demolición de estructuras (Concreto reforzado), hasta un espesor de 20cm. Incluye cargue, transporte y disposición de los materiales provenientes de la demolición.**							**UNIDAD:**
17.00									m3
UBICACIÓN		**LARGO**	**ANCHO**	**ALTURA**	**CANT.**	**FACTOR**	**TOTAL**	**DETALLES**	
VIA		60	5.44	0.20	N.A	N.A	65		
CUNETA		44.02	0.7	0.15	1.00	N.A	5		
Nº	**17.00**					**TOTAL**	**70**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8. ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO DEMOLICIONES, CORTE Y RETIROS	ELABORÓ:	FECHA:

Nº	ITEM		
18.00		Cargue y Retiro de material sobrante y proveniente de las excavaciones. Incluye transporte a hasta los botaderos oficiales, o designados por la Interventoria.	UNIDAD: m3

UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ESPESOR	CANT.	FACTOR	TOTAL
CUNETA	44.02	0.55	0.15	1	N/A	3.63
TUBERIA	47.15	0.64	1.5	1	N/A	45.26
Nº	18.00				TOTAL	48.89

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-275570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y B. ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO CERRAMIENTOS	ELABORO:	FECHA:
Nº: 19.00	ITEM: Cerramiento provisional en tela verde Saran H=2.50 con estacones redondos en madera común o pino ciprés C/1.50 M		UNIDAD: m

UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTURA	CANT.	FACTOR	TOTAL
VIA	60.00	N.A.	N.A.	2	N.A.	120
Nº 19.00					TOTAL	120

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 6, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS**						**ELABORÓ:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Excavación mecánica sin clasificar de la explanación y disposicion final de material. Incluye transporte**							**UNIDAD:**
20.00									m3
UBICACIÓN		**LARGO**	**ANCHO**	**ALTURA**	**CANT.**	**FACTOR**	**TOTAL**	**DETALLES**	
BASE		60	5.44	0.08	1	N.A	26.11		
SUB BASE		60	5.44	0.15	1	N.A	48.96		
ASFALTO		60	5.44	0.08	1	N.A	26.11		
DEMOLICION		60	5.44	(0.20)	1	N.A	(65.28)		
Nº	**20.00**					**TOTAL**	**36**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS**						**ELABORO:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Excavación manual de material heterogeneo efectuado en zanjas de 0,80 x 0,20 m para cunetas e instalacion de tuberia en cualquier**							
21.00		**grado de humedad entre 0-2m y de acuerdo con la especificacion 600-13 de INVIAS. Incluye roca descompuesta, bolas de roca,**						**UNIDAD:**	
									m3
UBICACION		**LARGO**	**ANCHO**	**ALTURA**	**CANT.**	**FACTOR**	**TOTAL**	**DETALLES**	
CUNETA		44.02	0.55	0.15	1	N/A	3.63		
TUBERIA		70.00	0.64	1.5	1	N/A	67.20		
Nº	**21.00**					**TOTAL**	**70.83**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT

EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS	ELABORÓ:	FECHA:
Nº: 22.00	ITEM: Suministro y colocación de base granular BG-38, con medios mecánicos y compactado al 95% mínimo del ensayo del proctor modificado. Segun norma INVIAS. No incluye transporte, se cobrara en su respectivo items.		UNIDAD: m3

UBICACIÓN	ESPESOR	LARGO	ANCHO	CANTIDAD	AREA	TOTAL
VIA	0.08	60.00	5.44	1.00	326.40	26.11
Nº 22.00					TOTAL	26.11

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES

Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y E. ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO MOVIMIENTO DE TIERRAS						ELABORÓ:	FECHA:
Nº	ITEM	Suministro, colocación, conformación y compactación de Subbase granular, no incluye transporte. Compactación hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado.							UNIDAD:
23.00									m3
UBICACION		LARGO	ANCHO	AREA	ESPESOR	CANTIDAD	TOTAL	DETALLES	
VIA		60.00	5.44	326.4	0.15	1	48.96		
Nº	23.00					TOTAL	48.96		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375670 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN						ELABORÓ:	FECHA:
Nº	ITEM	Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 19 que cumpla con la norma INVIAS 2013. Incluye: colocación con terminadora (finisher) y compactación. No incluye imprimación, ni transporte de materiales, que se pagarán en su							UNIDAD:
24.00									m3
UBICACIÓN		ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL	DETALLES	
VIA		0.08	60.00	5.44	326.40	1.00	26.11		
Nº	24.00					TOTAL	26.11		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO ASFALTO Y EMULSIÓN**					**ELABORO:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Suministro y aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento C.R.L.- 1 o C.R.L. - 0 para imprimación de superficie a pavimentar según normas para la construcción de pavimentos del INVIAS, incluye todo lo necesario para su correcta construcción**						**UNIDAD:**
25.00								**m2**
UBICACIÓN		**ESPESOR**	**LONGITUD**	**ANCHO**	**AREA**	**CANTIDAD**	**TOTAL**	**DETALLES**
VIA		N.A	60	5.44	326.4	1	326.40	
Nº	**25.00**					**TOTAL**	**326.40**	



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375670 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 16 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN						ELABORO:	FECHA:
Nº	ITEM	Suministro e instalacion de Señalización vertical reglamentaria, preventiva e informativa de 60x60 cms en lámina galvanizada C. 16 y reflectivo grado 4 alta intensidad prismatico, estructura en ángulo de 2"x1/4							UNIDAD:
28.00									un
UBICACIÓN		ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL	DETALLES	
VIA		N.A	N.A	N.A	N.A	6	6.00		
Nº	28.00					TOTAL	6.00		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN	ELABORÓ:	FECHA:

Nº	ITEM	Demarcación de linea de 0.10 mts de ancho para división de carril y borde de vía, para vía vehicular en pintura acrilica para trafico. Incluya dos manos de pintura para un buen acabado, se mide en sitio.	UNIDAD:
27.00			m

UBICACIÓN	ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL
VIA	N/A	60.00	N/A	N/A	4.00	240.00
Nº 27.00					TOTAL	240.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN	ELABORÓ:	FECHA:

Nº	ITEM	Demarcación de lineas de 0.12 mts de ancho para señalización, pintura plastica en frio lineal (amarille o blanco).	UNIDAD:
28.00			m2

UBICACION	ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL
GIRO	N/A	5.00	1.95	9.75	3.00	15.00
Nº 28.00					TOTAL	15.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO TRANSPORTE	ELABORÓ:	FECHA:
Nº: 29.00	ITEM: Transporte de asfalto		UNIDAD: m3 - km

UBICACIÓN	ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	LARGO	CANTIDAD	TOTAL
VIA	0.08	75.00	5.44	60.00	1.00	1,958.40
Nº 29.00					TOTAL	1,958.40

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO TRANSPORTE						ELABORO:	FECHA:
Nº	ITEM	Transporte de base							UNIDAD:
30.00									m3 - km
UBICACIÓN		ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	LARGO	CANTIDAD	TOTAL	DETALLES	
VIA		0.23	75.00	5.44	60.00	1.00	5,630.40		
Nº	30.00					TOTAL	5,630.40		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO CONCRETO						ELABORO:	FECHA:
Nº	ITEM	Construcción de cuneta-Bordillo, en concreto reforzado, tipo INVÍASde 20,7Mpa (3000PSI), incluye refuerzo de 60,000PSI, excavación, sub base,etotal=0,70m, e Prom =0,15m,cortes y sellos de juntas cada 2,8 m							UNIDAD:
31.00									m
UBICACION		ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	LARGO	CANTIDAD	TOTAL	DETALLES	
CUNETA A REPONER		N.A	44.02	N.A	N.A	1.00	44.02		
Nº	31.00					TOTAL	44.02		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS						ELABORÓ:	FECHA:
Nº	ITEM	Suministro, transporte e instalación de TUBERÍA PVC-S Ø10". Incluye pega, solventes, sellos, pruebas hidráulicas y todo lo necesario para el correcto funcionamiento de la actividad.							UNIDAD:
32.00									m
UBICACIÓN		DIAMETRO	LONGITUD	ANCHO	LARGO	CANTIDAD	TOTAL	DETALLES	
TUBERIA PROYECTADA DE SUMIDERO A MH									
S01	MH04	250.00	8.55	N.A	N.A	1.00	8.55		
S02	MH04	250.00	3.02	N.A	N.A	1.00	3.02		
S03	MH05	250.00	3.32	N.A	N.A	1.00	3.32		
S04	MH06	250.00	7.39	N.A	N.A	1.00	7.39		
S05	MH07	250.00	7.50	N.A	N.A	1.00	7.50		
S06	MH06	250.00	17.37	N.A	N.A	1.00	17.37		
Nº	32.00					TOTAL	47.15		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:	CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS	ELABORÓ:	FECHA:
Nº 33.00	ITEM	Construcción de sumidero en concreto estructural (f'c=28 MPa), con rejilla incluida. El ítem contempla además el emboquillado perimetral las cámaras de inspección MH existentes, asegurando su integración con el nuevo sistema de drenaje.	UNIDAD: unidad

UBICACIÓN		ESPESOR	LONGITUD	ANCHO	AREA	CANTIDAD	TOTAL
SUMIDERO	S01	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	S02	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	S03	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	S04	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	S05	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
	S06	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00
Nº	33.00					TOTAL	6.00

DETALLES



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS**						**ELABORÓ:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Mantenimiento manual de sumideros existentes, retiro de residuos, hojas y sedimentos acumulados. Incluye revisión básica del estado del sumidero y disposición del material extraído**							**UNIDAD:**
34.00									unidad
UBICACIÓN		**ESPESOR**	**LONGITUD**	**ANCHO**	**AREA**	**CANTIDAD**	**TOTAL**	**DETALLES**	
SUMIDERO	SE01	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00		
	SE02	N/A	N/A	N/A	N/A	2.00	1.00		
Nº	**34.00**					**TOTAL**	**2.00**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375570 ANT
EQUIPO FORMULADOR

MEMORIA DE CANTIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA FISICA

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES

CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO:		**CAPITULO REDES HIDROSANITARIAS**						**ELABORÓ:**	**FECHA:**
Nº	**ITEM**	**Rasice de cuellos de MH existentes, incluye empalmes, resane de las juntas.**							**UNIDAD:**
35.00									unidad
UBICACIÓN		**ESPESOR**	**LONGITUD**	**ANCHO**	**AREA**	**CANTIDAD**	**TOTAL**	**DETALLES**	
SUMIDERO	MH04	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00		
	MH05	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00		
	MH06	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00		
	MH07	N/A	N/A	N/A	N/A	1.00	1.00		
Nº	**35.00**					**TOTAL**	**4.00**		



NOMBRE DE QUIEN ELABORA: CARLOS HENAO YEPES
Profesional Universitario: INGENIERO CIVIL
MATRICULA PROFESIONAL: 05202-375670 ANT
EQUIPO FORMULADOR

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

PRESUPUESTO INTERVENTORÍA

INTERVENTORIA

1.PERSONAL

PERSONAL	SUELDO	DURACION	TOTAL
Director	$ 6,720,000	1.3	$ 8,736,000
Ing. Residente	$ 3,780,000	2.5	$ 9,450,000
Profesional en SST	$ 2,500,000	0.4	$ 1,000,000
Ing. Socio-Ambiental	$ 3,780,000	0.4	$ 1,512,000

		Subtotal Costos Personal	$ 20,698,000
		Factor Multiplicador	2.21
		Subtotal Costos Personal	$ 45,814,027

2.COSTOS ADMINISTRATIVOS

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
Trabajo de topografia (100%)	Según comprobante de mes	1	$ 2,500,000	$ 2,500,000
Edicion de informes, papeleria, reproduccion de documentos, planos, fotografias y videos	Según comprobante de mes	1	$ 250,000	$ 250,000
Comunicaciones	Según comprobante de mes	1	$ 250,000	$ 250,000
			Subtotal Costos Administrativos	$ 3,000,000
			COSTO TOTAL	$ 48,814,027
			IVA (19%)	$ 9,274,665
			VALOR TOTAL	$ 58,088,692

0.5		2		1	
PRECONTRACTUAL		CONTRACTUAL		POSTCONTRACTUAL	
Duración	Dedicación	Duración	Dedicación	Duración	Dedicación
		2	40.00%	1	60.00%
		2	100.00%	1	60.00%
		2	20.00%	0	30.00%
		2	20.00%	0	
		2	100.00%	0	
		2	100.00%	0	

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 16 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

ANALISIS DE

FACTOR MULTIPLICADOR PARA INTERVENTORIA

A.	SALARIO O INGRESO	100.00
B.	PRESTACIONES SOCIALES	53.33
1	Cesantías	8.33
2	Intereses sobre cesantías	1.00
3	Vacaciones	4.17
4	Primas	8.33
5	Pensiones	12.00
6	Salud	8.50
7	A.R.L.	8.00
8	Aportes parafiscales (ICBF, Subsidio familiar, Sena)	5.00
C.	GASTOS GENERALES	23.00
1	Arriendos oficina central	6.00
2	Mantenimiento y reparación oficina central	4.00
3	Mantenimiento y depreciación equipos	4.00
4	Servicios públicos, comunicaciones y otros servicios	0.00
5	Asesorías legales	3.00
6	Prima de campo para el personal	6.00
D.	SUBTOTAL (A+B+C)	176.33
E.	INDIRECTOS y HONORARIOS	(% E)
	Suma	45.02
1	Costos indirectos de personal	9.00
2	Seguros, pólizas y garantías	0.02
3	Costos de cargas impositivas, legales y bancos	3.00
4	Compras, gastos operativos, capacitación	3.00
5	Amortización cargos diferidos	2.00
6	Honorarios	8.00
8	Impuestos	12.00
9	Personal Administrativo	7.00
TOTAL FACTOR MULTIPLICADOR		221.35
TOTAL FACTOR MULTIPLICADOR = (E+F)/100		2.21

PÓLIZAS INTERVENTORÍA

VALOR DEL CONTRATO ($)	58,088,692
PLAZO DEL CONTRATO (Dias)	90
ANTICIPO	0%

3.0	meses
$ 0	Pesos

TIPO DE GARANTÍA	VALOR ASEGURADO		COBERTURA (Dias)	TASA anual	PRIMA
	%	VALOR			
Cumplimiento	20%	$ 11,617,738	270	0.20%	$ 17,427
Buen Manejo y Correcta Inversión del Anticipo	100% del anticipo	$ -	270	0.15%	$ -
Salarios y Prestaciones Sociales	5%	$ 2,904,435	1,170	0.15%	$ 14,159
Calidad en el Servicio	20%	$ 11,617,738	1,860	0.22%	$ 132,055
Responsabilidad Civil (Por regla de 3 basada en la de construcción)					$ 85,533
Subtotal Prima					**$ 249,173**
Gastos de expedición					**$ 15,000**
I.V.A.					**$ 50,193**
TOTAL POLIZAS					**$ 314,367**

Relación	**0.0054**

Nota: Debido a que la mayoría de las obras a ejecutar no representan un mayor riesgo para la comunidad, ya que son obras menores, no se considera necesario tener en cuenta la

PUBLICACION EN LA GACETA	**113,340.00**	**4**	**NO APLICA**

TOTAL GASTOS LEGALIZACION	**$ 314,367**

	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	Proceso:	LIC - CCCCC
		Fecha Lic:	22/ago./2024
		Versión:	
		Página:	1 de 740

Subregiones de Occidente, Bajo Cauca, Magdalena Medio, Norte, Nordeste y Urabá del Departamento de Antioquia.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1.1	Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.	día

I. EQUIPO

Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora-Dia	Rendimiento	Valor-Unit
Estación Total con nivel			$91.135	1.00	$91.135
Camioneta doble cabina modelo 2017 o superior [día]			$357.618	1.00	$357.618
Herramienta menor			$488.581	20.00	$24.429
				Sub-Total	$473.182

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio-Unit	Valor-Unit
Larguero madera comun 4cmx8cmx2.80	Und.	4.00	$8.065	$32.260
Clavos comunes 1½ a 3½"	lb	0.50	$2.917	$1.459
			Sub-Total	$33.719

IV. MANO DE OBRA

Descripción	Jornal	Jornal Total (+ Prestaciones)	Rendimiento	Valor-Unit
Topógrafo	$122.967	$221.341	1.00	$221.341
Cadenero 1	$97.300	$176.059	1.00	$176.059
Cadenero 2	$48.733	$89.181	1.00	$89.181
			Sub-Total	$486.581

Total Costo Directo	$ 995.482

COSTO DIRECTO		**$**	**995,482.00**
ADMINISTRACIÓN	**4%**	**$**	**39,819.00**
TOTAL		**$**	**1,035,301.00**

Tipo de ensayo	Unidad	Cantidad aprox x Km	Valor unitario 2024	Valor total
Granulometría por tamizado con lavado sobre tamiz No 200	unidad	0	$84,552	0
Determinación del límite de consistencia: líquido, plástico	unidad	0	$81,943	0
Contenido de materia orgánica (método colorimétrico)	Unidad	0	$43,963	0
Contenido de materia orgánica (método por ignición)	Unidad	0	$150,444	0
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznables en los agregados	unidad	0	$80,559	0
Equivalente de arena de suelos y agregados finos	unidad	0	$105,343	0
Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores a 37,5 mm (1 1/2") por medio de la máquina de los ángeles.	unidad	0	$167,136	0
Relaciones de humedad - masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación - Proctor Modificado)	unidad	0	$136,017	0
Próctor modificado (incluye pesos específicos y curva de saturación)	unidad	0	$214,155	0
Densidad de compactación del suelo en campo, método del cono de arena	unidad	3	$60,773	$182,319
Relación de Soporte del Suelo en el laboratorio (CBR en el laboratorio) muestras inalteradas	unidad	1	$175,971	$175,971
Relación de Soporte del Suelo en el laboratorio (CBR en el laboratorio) remodelado y sumergido. Suelos cohesivos (9 puntos)	unidad	0	$799,573	0
Relación de Soporte del Suelo en el laboratorio (CBR en el laboratorio) remodelado y sumergido. Suelos granulares (3 puntos)	unidad	0	$457,754	0
Diseños de mezcla para una resistencia determinada (Incluye ensayos a agregados y verificación de resistencia)	unidad	0	$1,201,022	0
Diseño de mezcla de concreto en peso, para resistencia adicional (resistencia probable)	Unidad	0	$446,361	0

Determinación de densidad, estabilidad y fluencia sobre una briqueta Marshall	unidad	0	$75,627	0
Diseño de mezcla asfáltica (Método Marshall)	unidad	0	$6,153,054	0
Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos (contenido de asfalto)	unidad	0	$108,469	0
Extracción cuantitativa del asfalto y análisis granulométrico de los agregados (contenido de asfalto con gradación)	unidad	0	$155,090	0
Resistencia a la compresión de cilindros de concreto (método normal)	unidad	0	$13,301	0
Resistencia a la flexión del concreto. Método de la viga simple cargada en el punto central. Método de la viga simple con carga en los tercios	unidad	0	$43,653	0
Extracción de núcleo de concreto asfáltico de 3" con determinación densidad y espesor (20 cm longitud)	unidad	0	$261,175	0
Extracción de núcleo de concreto asfáltico de 4" con determinación densidad y espesor (25 cm	unidad		$198,569	0
Recorte y preparación de núcleos de concreto	unidad		$35,849	0
Ensayo a compresión en núcleos de concretos	unidad		$20,885	0
Resistencia a la compresión de cilindros preparados con suelo cemento (dos muestras)	unidad	4	$137,356	$549,424
Ensayo normal para el uso de penetrometro dinamico de cono (PDC)	unidad		$146,898	0
Apique manual (1x1x1,5 m.) y toma de muestra en molde CBR	Unidad		$173,181	0
Perforación con sistema de Rotación y lavado, diámetro NQ y revestimiento en HQ recuperación	m		$422,688	0
Ensayos de corte directo modalidad CD	Unidad		$641,549	0
Ensayos de corte directo modalidad CU	Unidad		$638,852	0
Ensayos de corte directo modalidad UU	Unidad		$320,824	0
Apertura de sondeos por metro lineal	m		$148,351	0
Sondeos mecánicos tipo SPT- Perforación en suelo a percusión.	Unidad		$194,446	0
Transporte del personal a la obra por fuera del área metropolitana	Unidad		$ 5,212	0

COSTO TOTAL ESTIMADO ENSAYOS	$	907,714

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

NUMERO DEL CONTRATO: CD-017-2025

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL

LOCALIZACIÓN:

MUNICIPIO DE EL PEÑOL

ELABORADO POR

DYCO SAS

MAYO 2025

CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN 6

2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 9

2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 9

3. ESTUDIOS PREVIOS 10

4. INSTALACIONES TEMPORALES 11

5. SEGUIMIENTO DE FUNCIONALIDAD DE SERVICIOS PUBLICOS 11

6. SEGUIMIENTO AL COMPONENTE AMBIENTAL 12

6.1. Control del deterioro ambiental 12

6.2. Reglas generales 12

6.3. Reglas especificas 13

6.4. Normas para el componente suelo 13

6.5. Normas para el componente salud y comodidad 14

6.6. Normas para el componente calidad de vida 14

7. PREVENCION DE ACCIDENTES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD 15

7.1. Protección de las obras. 15

7.2. Botiquín de primeros auxilios. 15

7.3. Obstrucciones 15

7.4. Señalización y seguridad. 15

7.5. Fuentes de materiales 15

8. EXPLOTACIÓN DE MATERIAL DE CANTERAS Y ZONAS DE PRÉSTAMO. 16

8.1. Explotación de material aluvial 16

9. ESPECIFICACIONES TÉCNICIAS 17

9.1. Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva. 17

9.2. Demolición de estructuras (Concreto reforzado). Incluye cargue, transporte y disposición de los materiales provenientes de la demolición. 19

9.3. Cargue y Retiro de Sobrantes 28

9.4. Cerramiento provisional en tela verde Saran H=2.50 con estacones redondos en madera común o pino ciprés C/1.50 m 34

9.5. Excavación manual en material común. Incluye cargue y disposición final del material sobrante. No incluye transporte. 38

9.6. Lleno mecánico compactado con material de préstamo hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado. No incluye transporte 49

9.7. Suministro, transporte y colocación de base granular BG-38, reacomodado con medios mecánicos y compactado al 95% mínimo del ensayo del proctor modificado. Segun norma INVIAS. No incluye transporte, se cobrará en su respectivo ítem. 61

9.8. Suministro, colocación, conformación y compactación de Subbase granular para bacheo, no incluye transporte. Compactación hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado. 71

9.9. Suministro, transporte y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 19 que cumpla con la norma INVIAS 2013. Incluye: colocación con terminadora (finisher) y compactación. No incluye imprimación, ni transporte de materiales, que se pagarán en su respectivo ítem. Su medida de pago será metro cúbico compacto medido en sitio. 81

9.10. Suministro, transporte y aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento C.R.L.- 1 o C.R.L. - 0 para imprimación de superficie a pavimentar según normas para la construcción de pavimentos del INVIAS. Incluye todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Incluye Limpieza de superficie y Riego inicial con carrotanque 101

9.11. Suministro e instalación de Señalización vertical reglamentaria, preventiva e informativa de 75x75 cm en lámina galvanizada C. 16 y reflectivo grado 4 alta intensidad prismático, estructura en ángulo de 2"x1/4 107

9.12. Demarcación de línea de 0.10 m de ancho para división de carril y borde de vía, para vía vehicular en pintura acrílica para tráfico. Incluye dos manos de pintura para un buen acabado, se mide en sitio. 116

9.13. Bordillo de 0,15 Bordillo de Concreto Vaciado In Situ; incluye la preparación de la superficie de apoyo, y acero de Refuerzo 136

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 142

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clase de base granular. 61
Tabla 2. Requisitos de calidad para los agregados. 62
Tabla 3. Franjas granulométricas del material de base granular. 63
Tabla 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular. 66
Tabla 5. Clases de subbase granular. 71
Tabla 6. Requisitos de calidad para los agregados de subbase granular. 72
Tabla 7. Verificaciones periódicas de la calidad del material de subbase granular. 77
Tabla 8. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados. 78
Tabla 9. Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. 81
Tabla 10. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continúa. 82
Tabla 11. Proporción máxima de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. 83
Tabla 12. Proporción y requisitos del llenante mineral. 84
Tabla 13. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa. 85

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Localización del proyecto 9

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Instituto Nacional de Vias INVIAS. (2022) Especificaciones Generales De Construcción De Carreteras 2022.

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

Copias de este documento han sido entregadas a las dependencias indicadas en el cuadro siguiente. Todas aquellas observaciones que resulten de su revisión y aplicaciones, deben ser informadas al director del proyecto para proceder a ejecutar sus modificaciones.

REGISTRO	ÁREA O DEPENDENCIA	No. DE COPIAS
Copia 1	EAP Empresa Autónoma De El Peñol	Original

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE VERSIÓN	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
0			Versión original

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

TITULO DOCUMENTO:			ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE		
SEGUIMIENTO	NUMERO DE REVISIÓN		0	1	2
	RESPONSABLE POR ELABORACIÓN	Nombre	Carlos Henao		
		Firma			
	RESPONSABLE POR APROBACIÓN	Nombre			
		Firma			

1. DESCRIPCIÓN

El presente manual de especificaciones técnicas ha sido elaborado como soporte y complemento al conjunto de planos constructivos elaborados para las obras de **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ASFALTO CALIENTE PARA EL SECTOR LA ESPERANZA, COMPRENDIDO EN LAS DIRECCIONES CARRERA 23C, ENTRE LA TRANSVERSAL 15 Y 8, ZONA URBANA, E INGRESO A LA VEREDA HORIZONTES Y AL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE EL PEÑOL"** y número del contrato **CD-017-2025** comprende un estudio y diseño que arroje los resultados necesarios para la construcción del pavimento flexible, lo cual se llevará a cabo mediante los estudios y observaciones a realizar en campo.

El presente proyecto surge de la necesidad de mejorar la estructura de pavimento de la vía pública Carrera 23c, Entre La Transversal 15 Y 8, ubicada en el municipio de El Peñol. Actualmente se encuentra en un estado de deterioro avanzado y la intervención para el reemplazo de redes ha causado más traumatismo en la circulación del tránsito para esta vía.

Para la realización de las especificaciones técnicas como complemento del proceso constructivo, se tendrá en cuenta la normativa aplicativa vigente y como referencia de éste, se justificarán las cantidades de obra consideradas por los estudios complementarios de acuerdo a las **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS)**. De forma general se darán a conocer todos los requisitos técnicos que se deben seguir al momento de intervenir la vía y la ejecución de cada cantidad de obra.

Las indicaciones mostradas durante el desarrollo del proceso constructivo son las recomendaciones mínimas que se deben cumplir. Cualquier aspecto o detalle que se haya omitido, pero que de acuerdo a las prácticas constructivas aceptadas para cada ítem en particular y que este sea indispensable en la actividad, no exime al constructor de su ejecución sin que esta situación pueda tomarse como base para reclamaciones o demandas posteriores. Cuando en los planos o los procesos constructivos se indique algún equipo o material por su nombre de fábrica o marca registrada, esto se hace con el fin de establecer un estándar de calidad mínimo, tipo y/o característica; sin que ello implique el uso exclusivo de dicho insumo o equipo. El Constructor podrá utilizar productos equivalentes, que cumplan con los requisitos técnicos de la especificación original, obteniendo para esto previamente la aprobación de la entidad contratante o la interventoría. Cualquier cambio que el constructor considere conveniente, deberá ser consultado por escrito a la interventoría y no podrá proceder a su ejecución sin la aceptación escrita de ésta; en caso contrario, estos trabajos, su estabilidad y los eventuales costos de reparación o reconstrucción serán por cuenta y riesgo del constructor.

2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en el municipio de El Peñol, departamento de Antioquia.



Imagen 1. Localización del proyecto.

Fuente: http://secretariainfraestructura.antioquia.gov.co/descargas/InformacionRedVial/Antioquia

En el casco urbano se encuentra localizado el proyecto de pavimentación al cual se le realizaran todos los estudios diseños correspondientes con el fin de generar los planos de construcción con sus procesos y especificaciones técnicas vigentes ante las normas aplicables.

3. ESTUDIOS PREVIOS

Para la correcta presentación de un proceso constructivo es necesario conocer los estudios previos y/o complementarios que permite relacionar los datos recolectados en campo y así poder brindar una adecuada guía para la ejecución de obras, el contrato comprender un listado contractual que se debe realizar por parte del contratista de la consultoría, estos se muestran a continuación:

- Levantamiento topográfico, con cartera topográfica e informe topográfico, plantas, perfiles, cortes, estructurales y obras de drenaje.
- Estudio de suelos con registro fotográfico, georreferenciado.
- Estudio geológico y geotécnico con registro fotográfico, georreferenciado.
- Estudio de tránsito.
- Diseño de la estructura de pavimentos en asfalto.
- Diseño geométrico de la vía.
- Diseño hidrológico e hidráulico.

Al mismo tiempo se comprenden otros ítems que corresponden al mismo proyecto pero no inciden directamente en la elaboración del proceso constructivo:

- Presupuesto detallado de la obra con análisis de precios unitarios (APU's), cronograma detallado de actividades y cálculo detallado de AU.
- Plan de manejo de tránsito y el costeo para su implementación.
- Plan de manejo ambiental y actividades que deben evaluarse.

4. INSTALACIONES TEMPORALES

- Se deberán construir instalaciones provisionales con área suficiente para campamento (si fuere necesario), oficinas, unidades sanitarias, almacén y depósito para almacenamiento de materiales que puedan sufrir pérdidas o deterioro a la intemperie.

- Se deberán construir instalaciones provisionales con área suficiente para campamento (si fuere necesario), oficinas, unidades sanitarias, almacén y depósito para almacenamiento de materiales que puedan sufrir pérdidas o deterioro a la intemperie.

- El Contratista deberá administrar y mantener las construcciones temporales, someterse a todas las leyes y normas vigentes sobre su construcción y mantenimiento, y se pagará responsablemente por cualquier perjuicio que provenga de su uso inadecuado. Así mismo, deberá mantener permanentemente un servicio de primeros auxilios para el personal, con los implementos necesarios para atender posibles accidentes o incidentes que pudieren darse lugar durante la ejecución del contrato.

- Las instalaciones provisionales deberán construirse con materiales de buena calidad, suficientemente ventiladas, iluminadas, higiénicas y seguras, y someterlas a la aprobación del Interventor.

5. SEGUIMIENTO DE FUNCIONALIDAD DE SERVICIOS PUBLICOS

Durante la intervención a la vía se deben analizar los puntos críticos que brindan servicios públicos y garantizar la funcionalidad a lo largo de la construcción del pavimento, por tanto, se debe tener en cuenta:

- Inspección constante durante los procesos de demolición para garantizar la funcionalidad de redes acueducto, alcantarillado y gas.
- Revisión de los drenajes existentes para evitar obstaculización debido a residuos de obra.
- Manejo de drenajes superficiales durante lluvias para optimización de escorrentía.
- Análisis previo al manejo de vehículos de carga pesada en la obra y sus alrededores.
- Verificación de maniobras con maquinaria para minimizar el riesgo de contacto con redes eléctricas.

6. SEGUIMIENTO AL COMPONENTE AMBIENTAL

6.1. Control del deterioro ambiental

Se deben conocer las políticas y normas ambientales, la Constitución Política de Colombia de 1991, el código de los recursos naturales y de protección al medio ambiente (Ley 23 de 1973 y sus decretos reglamentarios), La Ley del Medio Ambiente (Ley 99 de 1993 y sus Decretos reglamentarios, particularmente el Decreto 2811 y 1753 de 1994), el Código Sanitario (Ley 9 de 1979, y sus Decretos reglamentarios) el código minero y la normatividad de Obras Públicas Departamentales y demás disposiciones gubernamentales ambientales. Se debe procurar producir el menor impacto durante la construcción, en los suelos, cursos de aguas, calidad del aire, organismos y evitar los conflictos con los pobladores del área de influencia de las obras, según lo estipulado en las reglamentaciones citadas. Las normas que se presentan a continuación están basadas en dichas disposiciones gubernamentales.

6.2. Reglas generales

- Toda contravención o acciones de personas que residan o trabajen en la obra y que originen daño ambiental, deberá ser del conocimiento del Interventor en forma inmediata.
- El equipo móvil, incluyendo maquinaria pesada, deberá operarse de tal manera que cause el mínimo deterioro a los suelos, vegetación y cursos de agua, en el sitio de la obra.
- Durante los cortes y llenos se debe remover solamente la vegetación estrictamente necesaria, ejerciendo un control, para que se desmonte únicamente hasta los límites del trazado. El material removido debe ser adecuadamente dispuesto, almacenado o evacuado y evitar que sea arrojado a los cuerpos de agua.
- El movimiento de tierra debe realizarse de una forma muy técnica de tal manera que se minimicen los efectos que de por si genera esta actividad.
- No realizar el lavado de la maquinaria que transportan el material en la obra, se debe realizar el proceso en lugares adecuados para esta actividad
- El volco de los vehículos transportadores que contengan material deberá ser cubierto en su totalidad por una capa impermeable de lona amarrada en todo el perímetro del volco. Para evitar derrame de material en las vías, el volcó debe tener lateralmente una estructura en madera de 30 cm de ancha que ajuste herméticamente. El volcó debe llenarse hasta su capacidad normal, nunca debe llenarse hasta la estructura en madera adicional, sino que esta se dejara libremente como margen de seguridad. La tapa posterior del volco del vehículo debe evitar derrame de lodo en las vías.

6.3. Reglas especificas

- No se deberán quemar basuras, desechos, recipientes ni contenedores de material artificial o sintético (caucho, plásticos, cartones, poliuretanos, etc.).
- Los molinos, zarandas y mezcladores de materiales de construcción deberán estar previstos de filtros de polvo o algún sistema que permita evitar su formación.
- Para el almacenamiento de materiales finos además deben construirse cubiertas superiores y laterales para evitar que el viento disperse el polvo hacia los terrenos vecinos.

6.4. Normas para el componente suelo

- Los patios de almacenamiento de materiales clasificados para construcción deben tener una base de concreto y buena compactación.
- Los aceites y lubricantes usados, los residuos de limpieza y mantenimiento, y de desmantelamiento de talleres y otros residuos químicos deberán ser retenidos en recipientes herméticos y la evacuación final deberá hacerse conforme a instrucciones de la Interventoría. En ningún caso podrán tener como receptor final los cursos de agua. Los recipientes de dichos residuos no deberán reaccionar con los líquidos que contienen y solo podrán enterrarse en suelos que no los degraden.
- La disposición de los desechos de construcción, tierra o roca, que no se utilizan en otras actividades de construcción del proyecto, se llevarán a los sitios establecidos previamente y se dispondrán de acuerdo con los procedimientos exigidos.
- En las operaciones de las excavaciones estructurales, el contratista deberá tomar medidas de control sobre los desechos de materiales con el fin de no causar derrumbes o deslizamientos en el área circundante ni contaminación a los cursos de agua.
- En caso de derrames accidentales de concreto, asfaltos, lubricantes, combustibles, etc., los residuos deben ser recolectados de inmediato y su disposición final debe hacerse en forma adecuada, según indicaciones de la interventoría.
- Para accesos y otras construcciones temporales debe realizarse una compactación mínima que permita la fácil recuperación del terreno una vez terminado el uso del acceso. Es aconsejable readecuar los accesos y patios abandonados con subsoladores para facilitar la colonización vegetal espontanea.

6.5. Normas para el componente salud y comodidad

- El Contratista debe verificar periódicamente la idoneidad del estado de salud de los obreros y empleados.
- Debe controlarse al máximo el ruido en los talleres, plantas de triturado, etc. Las instalaciones deben ubicarse a no menos de 300 m de viviendas.
- En general los equipos mecánicos: volquetas, tractores, motoniveladoras, motosierras, etc. deben tener en sus tubos de escape aparatos silenciadores.

6.6. Normas para el componente calidad de vida

- El empleo de menores de edad para cualquier tipo de labor en los frentes de obras o campamentos está estrictamente prohibido.
- Cuando en el proceso de realizar excavaciones o movimientos de tierra se encuentran yacimientos arqueológicos, restos fósiles u otro vestigio de interés histórico o cultural, se debe suspender de inmediato la actividad e informar al Interventor o a la Oficina de Planeación Municipal quien decidirá sobre la mejor forma de realizar el rescate del yacimiento.
- Los campamentos y frentes de obra deberán estar provistos de recipientes apropiados para la disposición de basuras (canecas plásticas con tapa). Estas deben ser vaciadas diariamente en cajas estacionarias con tapas herméticas y llevadas al relleno sanitario con periodicidad.
- Todo desecho proveniente de campamentos o basuras, generadas por el personal en los frentes de obra deberán ser depositadas en el relleno sanitario desarrollado para tal fin. Las dimensiones y especificaciones de este relleno dependerán del volumen generado diariamente.

7. PREVENCION DE ACCIDENTES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

7.1. Protección de las obras.

Desde el comienzo hasta la terminación se debe realizar protección de la obra y de todas las áreas utilizadas en la ejecución de los trabajos.

7.2. Botiquín de primeros auxilios.

La obra deberá contar con botiquines suficientes que contengan los elementos necesarios para atender primeros auxilios. Los encargados de obra deberán estar responsabilizados por la utilización y dotación de los botiquines; fundamentalmente todo el personal relacionado con la obra deberá tener conocimiento sobre los riesgos de cada oficio y sobre la manera de auxiliar oportunamente a cualquier accidentado. Se deberá disponer en el sitio de las obras de camillas que permitan el transporte de lesionados.

7.3. Obstrucciones

El área de trabajo deberá estar libre de basuras y desperdicios, especialmente de piezas de maderas con clavos salientes. Las rutas por las cuales los trabajadores tengan que transitar regularmente para ir de un lugar a otro en los trabajos, deberán acondicionarse de tal manera que en todo momento estén perfectamente drenadas, libres de obstrucciones y no deberán cruzarse con cables, mangueras, tubos, zanjas, etc. que no tengan protección; tampoco deberán ser obstruidos por estacas ni otros estorbos, en los cuales el trabajador pueda tropezar y caer. Cuando tales elementos sean necesarios en opinión del Interventor deberán cruzarse por medio de tubos, cárcamos o protegerse en forma adecuada. En cuanto sea posible se separarán las áreas de trabajo de las de tránsito.

7.4. Señalización y seguridad.

Durante la ejecución de la obra se deberá colocar las señales de prevención, avisos de peligro en las horas diurnas y luces rojas reflectivas o mechones encendidos en las horas nocturnas. Ningún trabajo de excavación de zanjas podrá ejecutarse sin que se hayan colocado señales visibles de peligro en número, forma, tipo y clase.

7.5. Fuentes de materiales

- Tomar todas las precauciones necesarias para que no vayan en detrimento de la conservación del medio ambiente. Verificar el cumplimiento y las gestiones de todos los requisitos exigidos para la correcta explotación de las fuentes, por las entidades competentes que regulan el medio ambiente.
- La Interventoría, ordenará todos los chequeos necesarios para determinar la calidad de las fuentes.
- El Interventor procederá a rechazar los materiales que en cualquier momento no llenen los requisitos de las especificaciones, o si sus características son diferentes de las correspondientes a las muestras analizadas y aprobadas.

- Antes de iniciar la utilización de materiales procesados, se deberá someter a la aprobación de la Interventoría, muestras que permitan determinar la aceptabilidad de los mismos. En caso de que la Interventoría determine que los materiales procesados no son adecuados para la construcción de la obra por no cumplir los requisitos especificados.

8. EXPLOTACIÓN DE MATERIAL DE CANTERAS Y ZONAS DE PRÉSTAMO.

Se seleccionará un sitio que no afecte fuentes de agua, no presente susceptibilidad a la erosión, su explotación no deberá destruir o causar daños a la fauna y a la flora de la región, se evitará generar zonas inestables y que la conformación de terrazas de explotación sea estable, que los accesos a la fuente ocasionen el mínimo daño a los recursos naturales aledaños y que no afecte zonas de cultivo.

La explotación debe garantizar la estabilidad del sitio, para lo cual se hará comenzando por la parte superior en la ladera y progresando hacia la parte baja mediante cortes apropiados que vayan conformando bancos y taludes estables. Se formarán terrazas cuyas bermas, alturas y pendientes dependerán del tiempo del material; sin embargo, se cumplirán unas condiciones mínimas, como bermas en contrapendientes de 3.0 m de ancho y alturas de 5.0 m, acompañadas de cunetas revestidas al interior de la berma. Al término de la explotación deberá reacondicionarse y paisajearse el sitio, con la siembra de especies forestales propias de la zona.

8.1. Explotación de material aluvial.

- Conservar una franja a las márgenes de 2.5 m, sin explotar. En caso de ser necesario la explotación dentro del cauce, la excavación no debe exceder a los 1.5 m. La explotación se debe realizar aguas arriba conformando plazoletas de depósito, con el fin de facilitar la posterior colmación de las depresiones dejadas por la explotación, garantizando su recuperación futura.

- Debe desarrollarse un método de transporte en húmedo que tendría el propósito de controlar los materiales más finos que son los que finalmente escapan con mayor facilidad y generan problemas de contaminación del aire.

9. ESPECIFICACIONES TÉCNICIAS

Los numerales mencionados en las siguientes especificaciones técnicas hacen referencia al documento **ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 2022, INVIAS**.

9.1. Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluye vehiculo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.

Unidad de medida: día

Descripción

Corresponde a la localización y replanteo de los cimientos. El Contratista de obra tendrá la responsabilidad de ubicar ejes, estructura, muros y demás elementos necesarios para la construcción de la edificación, de acuerdo con las medidas expresadas en los planos.

El Contratista con uso de instrumentos topográficos de precisión levantará de acuerdo a la disposición arquitectónica del proyecto, todos los elementos que se construirán. El replanteo será verificado por la Interventoría, sin cuya aprobación no se podrá seguir con el proceso constructivo. Esta labor deberá ser realizada por un profesional idóneo el que además de la planimetría deberá establecer los niveles, siendo todo completamente referenciado. El Contratista deberá suministrar todos los materiales necesarios para dicha localización.

Materiales, herramientas y equipos

- Equipo de Topografia
- Puentes de madera, formados por durmientes de 1 m. de longitud, sobresalientes 0,50 m. del nivel del terreno.
- Un listón que, a manera de puente sobre bases, permita colocar puntos de referencia, trazos y puntillas.
- Nivel de manguera
- Cinta métrica metálica
- Cimbra con mineral rojo
- Mano de obra calificada

Ejecución y/o procedimiento

Es necesario que antes de empezar, se verifiquen los planos con la localización y las dimensiones reales de los diferentes elementos estructurales y arquitectónicos en campo.

Se trasladará topográficamente o con manguera los ejes indicados en levantamientos topográficos, la estructura que corresponda al nivel y una vez esté construida y retirados los elementos de soporte de la siguiente placa, nuevamente

se rectificaran niveles y se trazaran los muros de acuerdo con las medidas indicadas en los planos, midiendo con cinta métrica y marcando con cimbra de mineral rojo. Estos levantamientos los deberá realizar el Contratista de obra las veces que sea necesarias para la correcta localización de las obras y de las modificaciones que se hagan necesarias en el transcurso de las obras

El replanteo será verificado por la Interventoría, sin cuya aprobación no se podrá seguir con el proceso constructivo. Esta labor deberá ser realizada por personal con calificado para la labor y que además de la planimetría deberá establecer los niveles de acabados, cielo raso, instalaciones, etc., siendo todo completamente referenciado. La Interventoría revisará la localización de los ejes y muros, pero esto no exonera al Contratista de obra de su responsabilidad, por errores de localización del replanteo.

- Determinar como referencia planimétrica el sistema de coordenadas empleado en el levantamiento topográfico.
- Determinar como referencia altimétrica el BM empleado en el levantamiento topográfico.
- Verificar linderos, cabida del lote y aislamientos.
- Identificar ejes extremos del proyecto.
- Localizar ejes estructurales.
- Demarcar e identificar convenientemente cada eje.
- Establecer y conservar los sistemas de referencia planimétrica y altimétrica.

Medida y forma de pago

La unidad de medida será el Día (Dia) del tipo de replanteo especificado, con una aproximación de dos decimales y recibido a satisfacción por la Interventoría previa aceptación de los requisitos mínimos de calidad. Se medirá el área correctamente replanteada. Se tendrá en cuenta todos los insumos necesarios en este ítem, para su completa ejecución e incluye desperdicio. Su pago se hará de acuerdo con el valor unitario consignado en el formulario de la propuesta para este ítem y comprende:

• Equipos y herramientas

• Materiales

• Mano de obra.

• Transportes dentro y fuera de la obra.

• Carga y retiro de sobrantes.

No conformidad

En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá reconstruirlas a su costo y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.

9.2. Demolición de estructuras (Concreto reforzado). Incluye cargue, transporte y disposición de los materiales provenientes de la demolición.

Unidad de medida: m3

Descripción

Generalidades

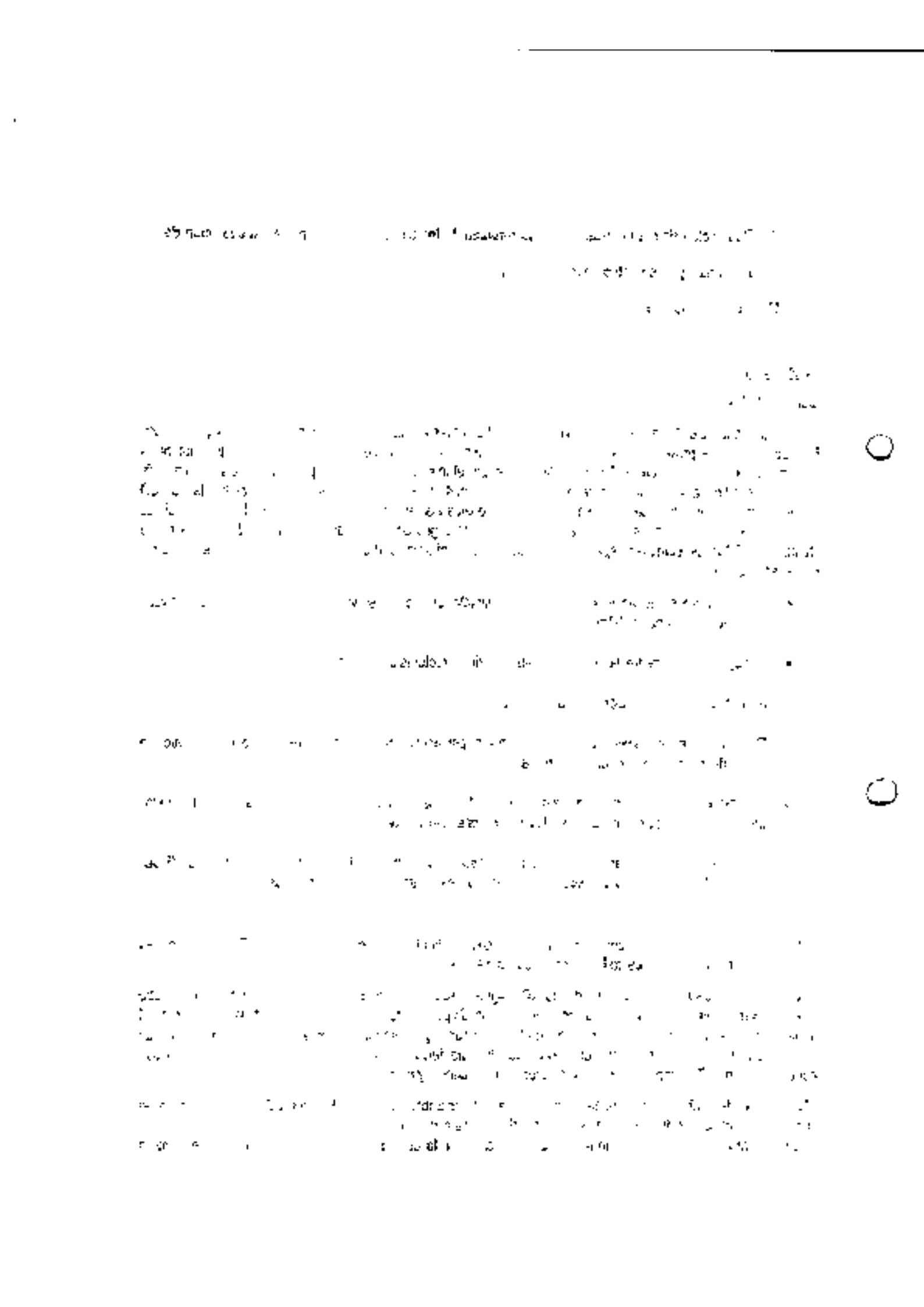
Este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o edificaciones existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto, y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición, en las áreas aprobadas por el interventor y teniendo presente las disposiciones de orden ambiental de la Resolución 541 de 1994 y la Resolución 472 de 2017 (Programa de manejo ambiental de RCD antes denominado programa de manejo ambiental de materiales y elementos en la resolución 541 de 1994), en el que se establecen las disposiciones dirigidas al fortalecimiento de la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD); así como las especificaciones descritas en el artículo 106, Aspectos ambientales; dentro de las cuales se debe incluir:

- Retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto.
- Manejo, desmontaje, traslado y almacenamiento de estructuras existentes.
- Remoción de cercas de alambre y otros obstáculos.
- Remoción de especies vegetales que no van a ser trasplantadas y no se encuentren dentro de áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza.
- Suministro, colocación y conformación del material de relleno para zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, de acuerdo con los planos y las instrucciones del interventor.
- Se recomienda considerar las restricciones del uso de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) proveniente de materiales metálicos como aceros o los contaminados con residuos peligrosos.

El constructor debe identificar y conocer los sitios de disposición final, al igual que los gestores de RCD. Estos deben contar con los permisos vigentes de las autoridades competentes.

Si una vez cumplida la gestión integral de los RCD sigue existiendo material para disposición, el constructor debe seleccionar técnicamente el sitio de disposición final autorizado por la autoridad ambiental competente más cercano al frente de obra; adicionalmente, debe cumplir con las condiciones para su recolección y transporte, previstas en los lineamientos ambientales para la construcción de infraestructura del Programa Nacional de Transporte Urbano, emitido por el Ministerio de Transporte (Plan de manejo forestal, silvicultura y paisajístico, entre otros).

El constructor debe ubicar una Zona de Disposición de Material Sobrante de Obra Estéril (ZODME), para disponer el volumen sobrante de residuos resultantes de la actividad de excavación. Para tal fin, debe contar con un diseño técnico-ambiental aprobado por la interventoría, con la autorización de la autoridad ambiental competente y que tenga la



certificación de la dependencia de planeación municipal, sobre compatibilidad de uso según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) o Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio donde se ubica la ZODME, y en el documento END 098 del 2020, Guía para el desarrollo del plan de gestión de residuos para los proyectos de construcción, desmontaje y demolición.

El trabajo de remoción de especies vegetales situadas en áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza debe estar cubierto por el artículo 200, Desmonte y limpieza, de estas especificaciones.

El trabajo de remoción de especies vegetales que van a ser trasplantadas, debe estar cubierto por el artículo 203, Trasplante de árboles.

Clasificación

La demolición total o parcial y la remoción de estructuras y obstáculos, se deben clasificar de acuerdo con los siguientes criterios:

- Demolición de estructuras existentes.
- Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas.
- Remoción de especies vegetales.
- Remoción de cercas de alambre.
- Remoción de obstáculos.
- Remoción de ductos de servicios existentes.
- Traslado de postes y torres.
- Remoción de rieles, defensas metálicas y barreras de seguridad.

Materiales

Los materiales provenientes de la demolición que, según el interventor, sean aptos para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas del proyecto, se deben utilizar para este fin.

El material que suministre el constructor para el relleno de las zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, debe tener la aprobación previa del interventor.

Equipo

Los equipos empleados por el constructor en esta actividad, deben tener la aprobación previa del interventor y ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo ameriten, el interventor puede autorizar el uso de explosivos, asumiendo el constructor, la responsabilidad de cualquier daño causado por un manejo incorrecto de ellos.

Para remover estructuras, especies vegetales, obstáculos, cercas y conducciones de servicios y demás elementos considerados en el presente artículo, se deben utilizar equipos que no produzcan daño a estos elementos. Para la demolición de losas, se deben implementar equipos de tipo rompedoras como martillos demoledores o compresores, para los casos que sea necesario su uso, de acuerdo con procedimientos aprobados por el interventor.

Para el trabajo con equipos pesados en pavimentos rígidos, se deben suspender las actividades a una distancia igual a la equivalente a dos (2) losas del pavimento antes de los límites considerados para la remoción. En los demás casos, los trabajos de demolición se deben ejecutar mediante el uso de equipos y herramientas manuales u otros métodos que permitan retirar cuidadosamente las losas, sin afectar en forma alguna las adyacentes.

Ejecución de los trabajos

Generalidades

Antes de iniciar los trabajos de demolición de estructuras, el constructor debe elaborar un estudio de demolición en el cual se deben definir como mínimo:

- Métodos de demolición y etapas de su aplicación.
- Estabilidad de las construcciones remanentes en cada etapa, así como los armazones y cimbras necesarios.
- Estabilidad y protección de construcciones remanentes que no vayan a ser demolidas.
- Protección de las construcciones e instalaciones del entorno.
- Mantenimiento o sustitución provisional de servicios afectados por la demolición.
- Medios de evacuación y definición de zonas de disposición de los productos de la demolición.
- Cronogramas de trabajos.
- Pautas de control.
- Medidas de seguridad y salud.

El estudio de demolición debe ser aprobado por el interventor antes de iniciar los trabajos de demolición. Tal autorización no exime al constructor de su responsabilidad por las operaciones aquí señaladas, ni del cumplimiento de estas especificaciones y de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud y de transporte y almacenamiento de los productos de la construcción; así como de las demás condiciones pertinentes establecidas en los documentos del contrato.

El constructor es el responsable de todo daño causado, directa o indirectamente, a las personas, así como a redes de servicios públicos, o propiedades cuya destrucción o menoscabo no se encuentren previstos en los documentos del proyecto, ni sean necesarios para la ejecución de los trabajos contratados.

Los trabajos se deben efectuar en tal forma que produzcan la menor molestia posible a los habitantes de las zonas próximas a la obra y a los usuarios de la vía materia del contrato, cuando esta permanezca abierta al tránsito durante la construcción.

Cuando se especifique la remoción del pavimento de una sola vía, el constructor debe verificar, previamente, si existen barras de acero de amarre entre las losas adyacentes y proceder de acuerdo con ello. También debe considerar que la remoción tiene que extenderse hasta lograr que resulten juntas transversales coincidentes en los extremos de ambas losas. En ningún caso, se deben dejar losas de menos de dos metros (2 m) de longitud. Cuando la remoción incluya fracciones de losas, el área a remover se debe delimitar con un precorte con sierra, de mínimo cinco milímetros (5 mm) de profundidad.

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

Si los trabajos implican la interrupción de los servicios públicos (energía, cable, gas, teléfono, acueducto, alcantarillado), conductos de combustible, ferrocarriles u otros modos de transporte, el constructor debe coordinar y colaborar con las entidades encargadas del mantenimiento de tales servicios, para que las interrupciones sean mínimas.

Al finalizar cada jornada de trabajo no deben quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso; en caso de requerir uso de agua para demolición, se recomienda el uso del agua de lluvia, como también evitar que los residuos y el agua utilizada contaminen los cuerpos hídricos.

Todos los procedimientos aplicados en el desarrollo de los trabajos de demolición y remoción deben ceñirse a las exigencias del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y a las normativas vigentes del orden nacional que rijan sobre las actividades de demolición y remoción.

Demolición total o parcial de estructuras existentes

El constructor debe instalar los elementos de protección e implementar el plan de señalización necesario para adelantar la actividad de forma segura, como establecer estrategias de reutilización o reciclaje de los materiales (residuos de demolición); además, debe reducir el uso de nuevos materiales en futuras construcciones con el fin de prolongar la vida útil del material con otro fin.

Demolición de pavimentos rígidos y flexibles, pisos y andenes de concreto y bordillos

Los pavimentos rígidos y flexibles, andenes y bordillos de concreto, bases de concreto y otros elementos cuya demolición esté prevista en los documentos del proyecto, deben ser demolidos con equipos apropiados y removidos en fracciones de tamaño adecuado, para que puedan ser utilizados en la construcción de rellenos o disponer de ellos como sea autorizado por el interventor y la normativa ambiental vigente. En caso de utilizar equipo pesado, el trabajo que se realice cerca a la demolición se debe suspender a una distancia prudente, el constructor debe atender las

disposiciones del artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud, con el propósito de no causar daños ni a las estructuras próximas ni al personal de la obra.

En caso de que resulte dañada o removida una superficie mayor que la contemplada, su reposición se debe encontrar a cargo del constructor, cuando se encuentre a entera satisfacción del interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Las áreas donde se remuevan andenes deben ser mantenidas libres de escombros, con el objetivo de que la circulación de los peatones permanezca expedita y segura.

Cuando los productos de demolición se usen en la construcción de rellenos, el tamaño máximo de cualquier fragmento no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa en la cual se vaya a colocar. En ningún caso, el volumen de los fragmentos debe exceder los veintiocho decímetros cúbicos (28 dm^3), debiendo ser apilados en los lugares indicados en los planos del proyecto o en las especificaciones particulares, a menos que el interventor autorice otro lugar.

Remoción de especies vegetales

Para el caso de la remoción de especies vegetales y en complemento a lo estimado en el artículo 200, los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento deben ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deben ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el interventor.

El resto de los materiales resultantes de la remoción de especies vegetales se debe retirar del lugar de los trabajos y debe ser transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el interventor, donde dichos materiales son enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos. Cada capa se debe cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos, y sobre la capa superior se deben extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto. Estos materiales no deben ser extendidos en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

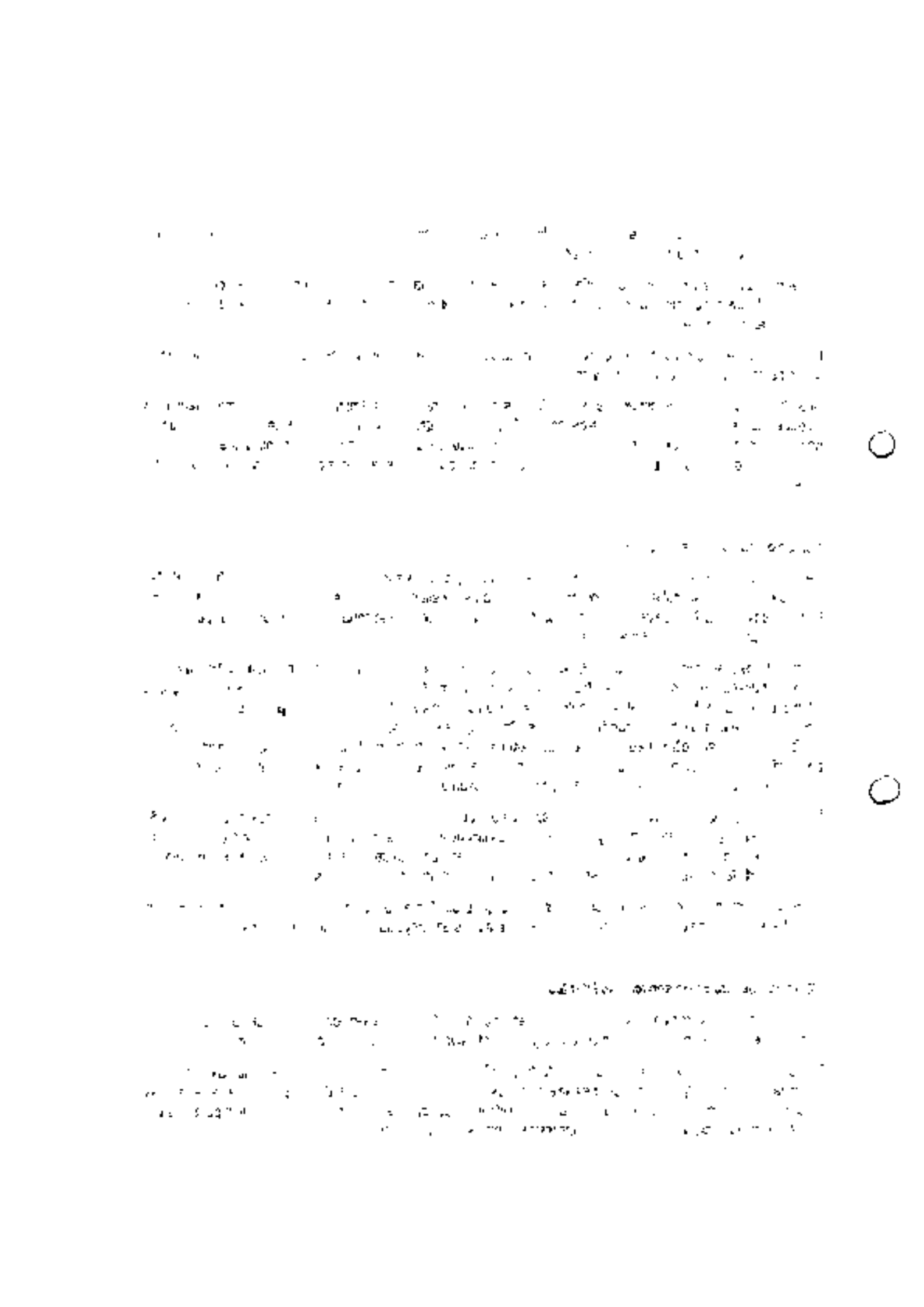
En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de cualquier tipo, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deben eliminar hasta la profundidad que se indique en los documentos del proyecto, la cual no debe ser menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo del nivel apoyo de los terraplenes, de las estructuras o de los rellenos de cimentación de estas.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se pueden cortar a ras del suelo, si los documentos del proyecto no especifican otra cosa.

Remoción de ductos de servicios existentes

El constructor debe retirar, cambiar, restaurar o proteger contra cualquier daño, las conducciones de servicios públicos o privados existentes según se contemple en los planos del proyecto o las especificaciones particulares.

Ningún retiro, cambio o restauración se debe efectuar sin la autorización escrita de la entidad prestadora de servicios afectada y se deben seguir las indicaciones de esta con especial cuidado y tomando todas las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa o, si ello es inevitable, reduciendo la interrupción al mínimo tiempo necesario para realizar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.



Cuando el trabajo consista en protección, el constructor debe proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los planos o en las especificaciones particulares o que sean autorizadas por el interventor.

Cuando la entidad afectada estime que debido al estado en el cual se encuentra el ducto, resulta imposible obtener partes recuperables del mismo, el constructor debe proceder a su demolición.

Disposición de los materiales

Por aprobación del interventor y de acuerdo con sus instrucciones al respecto, los materiales de las edificaciones o estructuras demolidas, que sean aptos y necesarios para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas laterales del proyecto, se deben utilizar para ese fin. Salvo que los documentos del proyecto contemplen lo contrario, todos los demás materiales provenientes de estructuras demolidas deben quedar de propiedad del constructor, quien debe trasladarlos o disponerlos fuera de la zona de la vía, en un lapso no mayor a veinticuatro horas (24 h) después de efectuada la demolición, con procedimientos adecuados y en los sitios aprobados por el interventor.

Los elementos que deban ser almacenados según lo establezcan los planos o las especificaciones particulares, se deben trasladar al sitio establecido en ellos y se deben disponer de la manera que resulte apropiada para el interventor.

Los elementos que deban ser relocalizados se deben trasladar al sitio de nueva ubicación que indiquen los planos, donde deben ser montados de manera que se garantice su correcto funcionamiento.

Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de demolición y remoción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel y atendiendo las normativas referidas en el ordinal 201.4.1 de este artículo. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales dispuestos en el artículo 106 de estas especificaciones, todas las labores requeridas para la demolición y remoción se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad, y los definidos en el plan de inspección medición y ensayo aprobado por interventoría.

El constructor debe cumplir las normas legales vigentes, respecto del manejo, transporte y disposición final de los escombros, generados en las actividades de construcción de carreteras. En este sentido, debe tener presente la Resolución 472 del 2017 "En la gestión integral de los RCD se deberá priorizar las actividades de prevención o reducción de la generación de RCD, como segunda alternativa se implementará el aprovechamiento y como última opción, se realizará la disposición final de RCD", o las que le sustituyan, complementen o modifiquen.

Condiciones para el recibo de los trabajos

Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.

El interventor debe verificar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos. El constructor debe cumplir las normas legales vigentes, respecto del manejo, transporte y disposición final de los escombros, generados en las actividades de construcción de carreteras. En este sentido, debe tener presente la Resolución 472 del 2017, en relación a la gestión integral de los RCD, o las que le sustituyan, complementen o modifiquen.

El interventor se debe encargar de identificar todos los elementos que deban ser demolidos o removidos; así mismo, debe señalar los elementos que deban permanecer en el sitio, así como debe ordenar las medidas para evitar que ellos sean dañados.

El interventor debe medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo con esta especificación y el plan de calidad, medición y ensayo. El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresados en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Condiciones especificas para el recibo y tolerancias

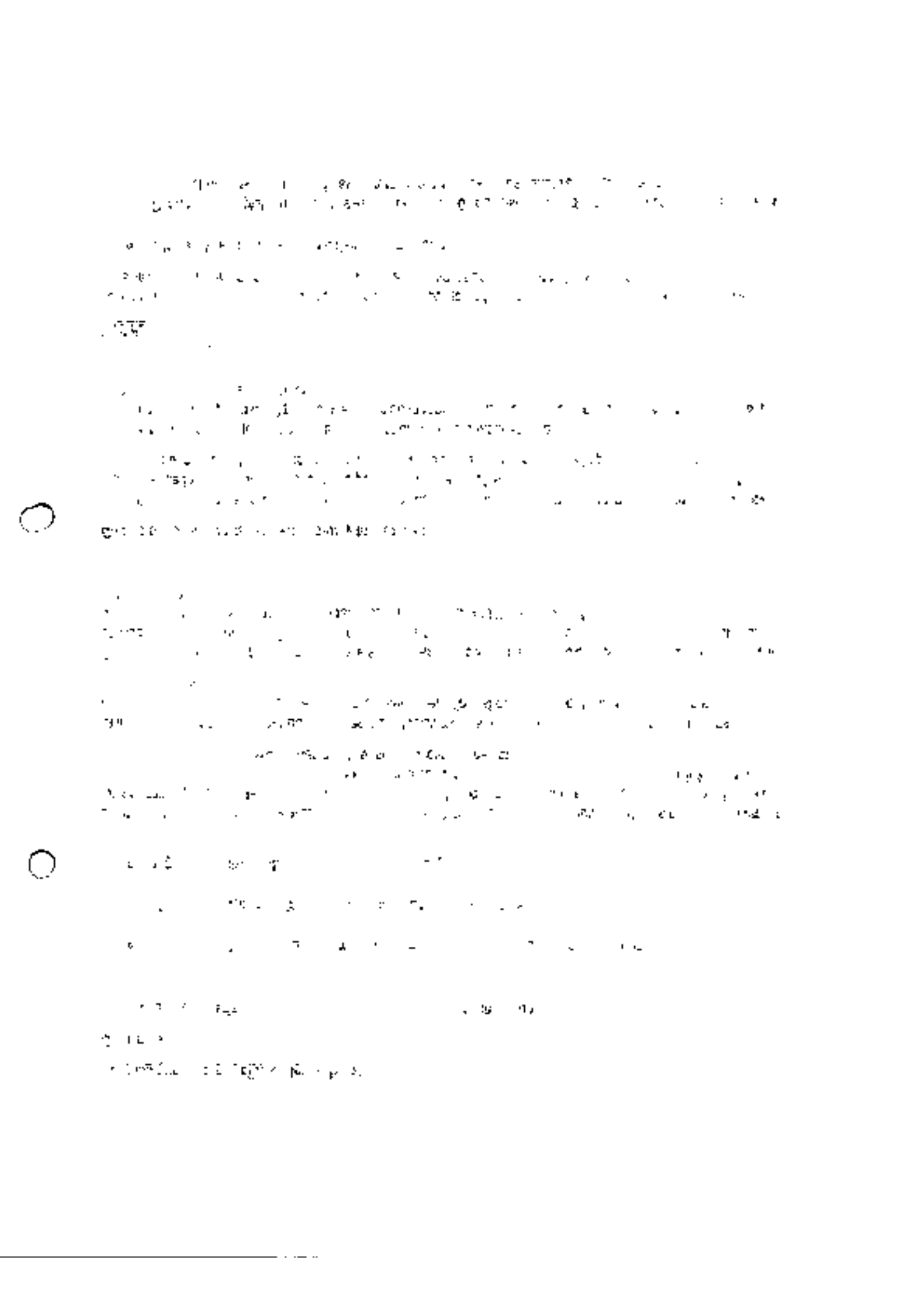
El interventor debe considerar terminados los trabajos de demolición y remoción cuando la zona donde ellos se hayan realizado quede despejada, de manera que permita continuar con las otras actividades programadas, y los materiales sobrantes hayan sido adecuadamente dispuestos de acuerdo con lo que establece la presente especificación.

En general, en caso de que por el uso de procedimientos inadecuados resulte dañado o removido cualquier elemento que no está contemplado en el proyecto, el costo de la reposición de este se debe encontrar a cargo del constructor, a entera satisfacción del interventor.

Medida

La medida para la demolición y remoción, ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y las instrucciones del interventor, se debe hacer de acuerdo con las siguientes modalidades:

- Global (gl), en cuyo caso no se deben hacer mediciones.
- Por unidad completa (u), cuando se trate de demolición de obstáculos, edificaciones, puentes, alcantarillas y otras estructuras o remoción de estructuras metálicas, especies vegetales, obstáculos, postes y torres.



- Por kilogramo (kg) aproximado al entero, en cuanto se trate del desmontaje y traslado de estructuras metálicas.

- Por metro cúbico (m3), aproximado al entero, en el caso de demolición de estructuras, cuando su tipo permita la cuantificación en esa unidad.

- Por metro cuadrado (m2), aproximado al entero, cuando se refiera a demolición de pavimentos rígidos, andenes de concreto y pisos, en caso de espesores invariables que permitan su cuantificación. En este caso, la medida de la estructura se debe efectuar antes de destruirla.

- Por metro (m), aproximado al entero, cuando se trate de la demolición de bordillos y del retiro de estructuras tales como alcantarillas, cercas de alambre, ductos de servicios existentes, defensas metálicas, barreras de seguridad, rieles y otros obstáculos que sean susceptibles de ser medidos por su longitud.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Forma de pago

El pago se debe hacer a los precios unitarios respectivos, estipulados en el contrato según la unidad de medida, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, explosivos, asesoría, equipo, herramientas, materiales, apuntalamientos, andamios, obras para la protección de terceros; las operaciones necesarias para efectuar las demoliciones y para hacer los desmontajes, planos, separación de materiales aprovechables, cargue y transporte de estos al lugar de depósito, descargue y almacenamiento; remoción de especies vegetales; traslado y reinstalación de obstáculos y cercas de alambre; traslado, cambio, restauración o demolición de conducciones de servicios existentes; cargue de materiales desechables, transporte y descargue en el sitio de disposición final, de acuerdo con lo señalado por el interventor.

El precio unitario debe incluir, además, la protección de aquellos elementos que, aunque se encuentren en la zona de los trabajos, no deban ser removidos.

Cuando aplique, dentro de los análisis de precios unitarios se deben incluir los costos inherentes a los derechos de disposición y/o conformación de materiales sobrantes, incluyendo los costos inherentes a obras requeridas en los sitios de disposición.

Cuando la unidad de medida de la demolición 3 de estructuras sea el metro cúbico (m), el precio unitario debe considerar que el transporte del material proveniente de la demolición sea en condición de bloques sueltos.

La reinstalación de estructuras metálicas y tubos de alcantarillas no se encuentran cubiertas por el presente artículo.

El precio unitario del traslado de postes o torres, debe incorporar los costos de las gestiones ante los propietarios o concesionarios de las redes de servicios correspondientes.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos y/o sistemas de demolición no fragmentantes, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio

de utilización. En los casos en que no se autorice el uso de explosivos para el precio unitario se debe considerar el suministro y aplicación de los productos alternativos.

El precio unitario debe abarcar, además, los costos por concepto de la excavación para la demolición y remoción y por el suministro, conformación y compactación del material para relleno de todas las cavidades resultantes; la señalización temporal requerida y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe cubrir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

9.3. Cargue y Retiro de Sobrantes

Unidad de medida: m3

Descripción

Todas las actividades que impliquen movimientos de material como cortes, excavaciones y demoliciones en el proyecto, generan la necesidad de realizar acarreos desde los puntos de extracción del material hasta los sitios de depósito, ya sea en botaderos (determinados, y aprobados por la autoridad competente), o centros de acopio. Los materiales deben ser seleccionados para determinar si son aprobados por la interventoría para ser usados en el mismo proyecto o proyectos diferentes como material para terraplenes o llenos, conformación de plazas, zonas deportivas, parqueaderos, jardines y áreas recreativas o para ser usados como material para rellenar y emparejar el sitio de demolición. La interventoría también puede exigir el desmonte, almacenamiento y reutilización de elementos de la estructura a demoler.

La cantidad de los materiales que deben ser llevados a botaderos, o almacenados para su posterior uso en obra debe ser determinada por la interventoria, no se puede disponer de estos sin su previa autorización, de no hacerlo deben ser restituidos con materiales de características similares o superiores.

Procedimiento de ejecución

- Solicitar pertinente aprobación de la interventoría.
- Previo al Inicio de actividades debe tenerse autorización y claridad por parte de la dirección y el de la interventoría de obra acerca de la disposición final del material producto de la excavación.
- No podrá darse inicio de actividades sin contar con los respectivos trabajos de topografía en donde deben ser localizados los respectivos ejes, niveles, anchos y longitudes según revisión y aprobación del de la interventoría.
- Determinación de riesgos, realizar revisión y verificación del estudio de suelos correspondiente previo al inicio de actividades con el director, residente de obra y de la interventoría y de esta forma determinar grado de seguridad a tener en cuenta precedente al inicio de labores.

Disposiciones generales

Los materiales generados a partir de las excavaciones, cortes y demoliciones, deben ser seleccionados para determinar cuáles son susceptibles de aprovechamiento, cumpliendo con los lineamientos de la resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en cuanto a la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), el Programa de Manejo Ambiental (PMA de RCD), las obligaciones de los generadores de RCD y las prohibiciones dispuestas en dicha resolución.

Los generadores de RCD deben contar con un "gestor" debidamente inscrito ante la autoridad ambiental competente, de acuerdo a lo establecido en la resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Cargue y retiro de sobrantes

El cargue y retiro del material consiste en el transporte de materiales desde los sitios de excavación, corte, demolición hasta los sitios de disposición o aplicación de los mismos. Las actividades de cargue y el retiro de materiales aplica en los siguientes casos:

- Para llevar los materiales desde los sitios de excavación, corte o demolición hasta los botaderos o zonas del proyecto en que vayan a ser utilizados.
- Para llevar los materiales desde los sitios de excavación, corte o demolición hasta los sitios de almacenamiento.
- Para llevar los materiales desde los sitios de almacenamiento hasta el sitio de utilización final.
- Para llevar los materiales obtenidos de la extracción de derrumbes hasta los botaderos aprobados por la autoridad ambiental.

Adicionalmente, se deben cumplir las disposiciones de la resolución 0472 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Artículo 6), las cuales se citan a continuación:

1. La carga deberá ser acomodada de tal manera que su volumen esté a ras del platón o contenedor, es decir, a ras de los bordes superiores más bajos del platón o contenedor.
2. Posibilitar el cargue y el descargue de los residuos de construcción y demolición (RCD) evitando la dispersión de partículas.
3. Cubrir la carga durante el transporte, evitando el contacto con la lluvia y el viento.
4. Los vehículos utilizados para esta actividad deben cumplir con las normas vigentes de tránsito y transporte y de emisiones atmosféricas.

Para el cargue y retiro del material se debe usar un equipo mecánico, excepto en circunstancias que sean aprobadas expresamente por EPM.

El costo del cargue, retiro y disposición final de las sobre-excavaciones o derrumbes ocasionados por la falta de protección de las zanjas y demás costos adicionales no serán asumidos por EPM.

Disposición temporal del material

Si el material proveniente del corte y las excavaciones resulta ser apto para ser utilizado en el proyecto y éste no puede ser utilizado el mismo dia de la excavación, debe ser trasladado a un centro de acopio de materiales y ser almacenado temporalmente garantizando la conservación de sus propiedades físicas (humedad, densidad, entre otras) hasta que pueda ser utilizado.

Los materiales o elementos provenientes de los sitios de demolición aprobados para ser utilizados en el mismo proyecto u otros proyectos deben ser trasladados a un centro de acopio o almacén cuidando que no sufran daños que puedan impedir su uso posterior.

El centro de acopio temporal para estos materiales debe contar con las siguientes condiciones para poder almacenar el material:

- Condiciones ambientales adecuadas que permitan la protección de las propiedades del material y que garanticen que no se está afectando el medio ambiente.

- Buenas condiciones de acceso que permitan el transporte del material de una manera práctica.
- Capacidad de almacenamiento adecuada del sitio.
- Infraestructura existente.

Adicionalmente, se deben cumplir las disposiciones de la resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Artículo 7), las cuales se citan a continuación:

Los grandes generadores de residuos de construcción y demolición (RCD), deberán establecer uno o varios sitios para el almacenamiento temporal de los RCD en la obra, donde se deberá efectuar la separación de acuerdo al tipo de RCD. Dichos sitios deberán cumplir con las siguientes medidas mínimas de manejo:

- Establecer barreras para evitar el impacto visual en los alrededores del sitio de almacenamiento.
- Realizar obras de drenaje y control de sedimentos.
- Estar debidamente señalizado.
- Realizar acciones para evitar la dispersión de partículas.

Disposición final del material

Se debe cumplir con los lineamientos de la resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en cuanto a la gestión integral de los residuos de construcción y demolición (RCD), el Programa de Manejo Ambiental de (PMA de RCD), las obligaciones de los generadores de RCD y las prohibiciones dispuestas en dicha resolución. Dicha resolución contempla los siguientes RCD como materiales susceptibles de aprovechamiento:

- Productos de excavaciones y sobrantes de adecuación de terreno: coberturas vegetales, tierras, limos y materiales pétreos productos de la excavación, entre otros.

- Productos de cimentaciones, pilotajes: arcillas, bentonitas y demás.

- Pétreos: Concreto, arenas, gravas, gravillas, cantos, pétreos asfálticos, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, entre otros.

- No pétreos: Vidrio, metales como acero, hierro, cobre, aluminio con o sin recubrimiento de zinc o estaño, plásticos tales como PVC, polietileno, policarbonato, acrílico, espumas de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos, compuestos de madera o cartón-yeso (drywall), entre otros.

Por otro lado, los residuos de construcción y demolición (RCD) que no son susceptibles de aprovechamiento son:

- Los contaminados con residuos peligrosos.

- Los que por su estado no pueden ser aprovechados.

- Los que tengan características de peligrosidad, estos se regirán por la normatividad ambiental especial establecida para su gestión.

Una vez se tengan los materiales seleccionados y se haya determinado cuales son aptos y cuales no son aptos para su aprovechamiento y reutilización, se debe proceder a realizar la disposición final de los materiales que no son aprovechables en los sitios aprobados para tal fin, los cuales deben cumplir con las medidas mínimas de manejo ambiental dispuestas en la resolución 0472 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Artículo 12).

El sitio de disposición final debe ser un lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los RCD, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando los principios de ingeniería para la confinación y aislamiento de dichos residuos. En el numeral *Criterios para la selección de botaderos del material*, se dan los criterios mínimos para la selección de botaderos de materiales.

Materiales aptos para terraplenes y llenos

Los materiales que se vayan a utilizar en el sitio de la obra deben cumplir con los requisitos mencionados en las Normas de Construcción, NC-MN-OC04-02 "Terraplenes" y NC-MN-OC04-01 "Llenos compactados", y deben contar con la aprobación de EPM para ser utilizados en el campo. Aquellos materiales con características expansivas o colapsables solo pueden ser usados en terrenos dedicados a zonas recreativas pasivas y jardines.

Materiales no aptos para terraplenes y llenos

En caso tal de que los materiales no vayan a ser utilizados en la obra o no cumplan con lo exigido en las Normas de Construcción de EPM: NC-MN-OC04-02 "Terraplenes" y NC-MN-OC04-01 "Llenos compactados", deben ser trasladados a sitios de depósito o botaderos, los cuales previamente deben haber sido seleccionados, diseñados y conformados para colocar materiales sobrantes o de mala calidad, siguiendo los criterios mínimos establecidos en el numeral 4.2.4 de esta norma.

Materiales o elementos resultantes de la demolición aptos para reutilización

Los materiales sobrantes o elementos prefabricados susceptibles de reutilización resultantes de las actividades de demolición según la Norma de Construcción, NC-MN-OC02-01 "Demoliciones" pueden ser utilizados en el mismo proyecto o proyectos diferentes con autorización previa de EPM, y cumpliendo los lineamientos de la resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Criterios para la selección de botaderos del material

La selección e identificación de los botaderos debe corresponder a un análisis riguroso que involucre los

siguientes criterios:

- El sitio de botadero debe tener una configuración natural que sea apropiada para el propósito y debe contar con licencia ambiental aprobada y vigente.
- Idealmente que no haya aguas permanentes en el interior del sitio del botadero.
- La disposición y compactación del material en el botadero no debe poner en riesgo la estabilidad del terreno.

- El sitio debe estar lo más cerca posible al proyecto o zonas de excavación.
- Las características y resistencias de la fundación del sitio del botadero deben ser adecuadas para resistir las cargas que el material ejercerá permanentemente.
- Se debe evaluar la posición del nivel freático y determinar la necesidad de la construcción de sub-drenajes.
- Se debe evaluar la altura y la inclinación de los taludes de los llenos que se realizarán en el botadero, de manera que no generen afectaciones a ninguna estructura, o que generen riesgo de deslizamientos de tierra.
- Se debe evaluar la configuración inicial y final del sitio del botadero.
- Se debe evaluar la necesidad de la construcción de un drenaje superficial en el sitio del botadero.

Adicionalmente, el "gestor" de los RCD debe cumplir los lineamientos de la resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Artículo 12), con respecto a los sitios de disposición final de los residuos de construcción y demolición (RCD).

Listado de actividades generales para la construcción

A continuación, se describen las actividades necesarias para llevar a cabo el cargue, retiro y disposición de los materiales resultante de las obras:

- Cargue, retiro y transporte de los materiales al sitio del botadero. (NC-MN-OC01-04)
- Cargue retiro, y disposición temporal de los materiales (NC-MN-OC01-04).
- Cargue, retiro, transporte y descargue de los materiales en el sitio de utilización final (NC-MNOC01-04).

Materiales

En caso de ser necesario se debe disponer de los materiales necesarios para realizar entibado o apuntalamiento según corresponda.

Equipos

- El contratista deberá ejecutar las actividades anteriormente relacionadas con el equipo apropiado para las mismas.
- Se deberá usar volquetas con un volumen de cargue no menor a 7 m3.
- Se deberá usar una retroexcavadora CAT 320 o CAT 416, o maquinas similares.

- Volqueta
- Herramienta menor
- Retroexcavadora cargadora

Tolerancias para aceptación

Para la aceptación de labores ejecutadas se realizará posterior a revisión y visto bueno por parte del respectivo de la interventoría.

Adicionalmente, se deberá cumplir con las exigencias generales y específicas sugeridas por el interventor de obra, además de las establecidas con el respectivo contrato de la obra.

No conformidad

En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor

Medida y forma de pago

Se medirá y pagará por metro cúbico (M3) debidamente ejecutado y recibido a satisfacción por la interventoría. La medida será obtenida por cálculos realizados sobre planos arquitectónicos. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato e incluye:

- Materiales
- Equipos y herramientas.

9.4. Cerramiento provisional en tela verde Sarán H=2.50 con estacones redondos en madera común o pino ciprés C/1.50 m

Unidad de medida: m

Descripción General

El presente ítem comprende la provisión e instalación de un cerramiento provisional perimetral utilizando tela tipo Sarán de color verde, con una altura de 2.50 metros, sostenida por estacones redondos de madera común o pino ciprés, espaciados a cada 1.50 metros. Este cerramiento tendrá como objetivo delimitar, proteger y controlar el acceso a las áreas de trabajo durante la ejecución del proyecto.

Materiales

Tela Sarán:

- Polietileno de alta densidad (HDPE), con tratamiento UV.
- Color verde, con 80% mínimo de capacidad de sombra.
- Resistente a rayos UV, viento, humedad y condiciones climáticas extremas.
- Altura: 2.50 m.
- Sin roturas, desgaste, ni zonas deshilachadas.

Estacones de madera:

- Madera común o pino ciprés, preferentemente inmunizados.
- Diámetro: mínimo 3" (7.6 cm).
- Longitud: mínimo 3.00 m (0.50 m enterrado).
- Separación: 1.50 m entre estacones (eje a eje).
- Enterrados mínimamente 0.50 m o fijados con concreto de limpieza según el terreno.

Elementos de sujeción:

- Alambre galvanizado calibre 16 o superior.

- Bridas plásticas UV resistentes, o grapas metálicas.

Procedimiento de Ejecución

Trazado y replanteo:

Se realizará sobre el terreno, identificando el perímetro de cerramiento, alineado con planos del proyecto.

Hincado de estacones:

Se colocarán verticalmente, enterrados al menos 0.50 m. En suelos blandos se usará concreto de limpieza.

Colocación de la tela:

Se fijará por el lado interno del cerramiento. Se tensará y sujetará con alambre galvanizado, bridas o grapas, sin dejar holguras ni deformaciones.

Revisión y ajuste:

Se verificará que el cerramiento esté alineado, con tensión adecuada en la tela y estacones firmes.

Herramientas y Equipos Requeridos

- Taladro o martillo rotatorio (para suelos duros).
- Mazo de goma o martillo de carpintero.
- Cizalla o tijera para cortar tela.
- Alambre galvanizado, grapas o bridas.
- Nivel, plomada y cinta métrica.
- Tensores o ganchos metálicos para sujetar tela en puntos críticos.

- Carretilla, pala y mezcladora (si se requiere concreto de fijación).

Tolerancias de Aceptación

- Altura mínima instalada: 2.45 m (máx. -5 cm de tolerancia).
- Separación entre estacones: ±10 cm respecto al valor nominal (1.50 m).
- Verticalidad de estacones: desviación máxima de 2% (±5 cm sobre altura total).
- Tensión de la tela: sin holguras visibles mayores a 3 cm entre puntos de sujeción.

Criterios de No Conformidad

- Tela desgarrada, sucia o con menos del 80% de sombra.
- Estacones con inclinación superior a la tolerancia permitida.
- Separación superior a 1.60 m entre estacones.
- Fijación deficiente o suelta en cualquier tramo.
- Cerramientos sin tensión o arrugados.
- Altura final inferior a 2.45 m.
- Elementos oxidados, rotos o sin tratamiento.

Condiciones para Recibos de Trabajo

- El cerramiento debe estar completo, firme, continuo y correctamente alineado.
- Todos los elementos deben estar limpios y en buen estado.
- Las tolerancias deben estar dentro de los rangos establecidos.
- La cuadrilla debe entregar el metraje ejecutado para verificación del residente o supervisor.
- Se documentará el avance con fotografías y acta de recepción parcial.
- En caso de modificación del cerramiento, deberá restaurarse en las mismas condiciones originales.

Medición y Forma de Pago

Unidad de medida: Metro lineal (ml).

Forma de medición: Longitud efectivamente instalada conforme a planos y aprobada por la supervisión.

Forma de pago: Según cantidad aceptada, e incluye materiales, mano de obra, herramientas, transporte, instalación, y eventuales reparaciones o reemplazos.

9.5. Excavación manual en material común. Incluye cargue y disposición final del material sobrante. No incluye transporte.

Unidad de medida: m3

Descripción

Generalidades

Este trabajo consiste en la excavación necesaria para las fundaciones de las estructuras a las cuales se refiere el presente artículo, de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los documentos del proyecto. Comprende, además, la construcción de sistemas de apuntalamientos y entibados, encofrados, ataguías y cajones y el sistema de drenaje que sea necesario para la ejecución de los trabajos de excavación; así como el retiro posterior de encofrados y ataguías. Incluye también, la remoción, el transporte, la disposición de todo material generado por las actividades de excavación y limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo.

No se incluyen en este artículo las excavaciones producidas para cualquiera de las estructuras consideradas en artículos específicos dentro de las presentes especificaciones, salvo que las mismas hagan referencia a este.

Clasificación

Excavaciones varias sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavaciones varias de cualquier material, sin importar su naturaleza ni la presencia de la tabla de agua o nivel freático.

Excavaciones varias clasificadas

- ***Excavaciones varias en roca en seco***

Comprenden la excavación del mismo tipo de material descrito en el numeral 210.1.3.2.1. del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

- ***Excavaciones varias en roca bajo agua***

Incluyen toda excavación cubierta por el numeral anterior, donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte su ejecución.

- ***Excavaciones varias en material común en seco***

Abarcan la excavación, en seco, de materiales no cubiertos por el numeral 600.1.2.2.1.

- ***Excavaciones varias en material común bajo agua.***

Corresponden a toda excavación de los materiales considerados en el numeral anterior, pero donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte su ejecución.

Materiales

Los materiales provenientes de las excavaciones varias que sean adecuados según lo dispuesto por las presentes especificaciones, y necesarios para la ejecución de rellenos deben ser almacenados por el constructor para aprovecharlos en su construcción, previa aprobación del interventor. Dichos materiales no se pueden desechar ni retirar de la zona de la obra para fines distintos a los definidos en los documentos del contrato, sin la aprobación previa del interventor. De igual manera, el constructor debe garantizar que el sitio de acopio de estos materiales no coincida con sitios de concentración de escorrentía, para evitar con esto pérdidas de material por lavado.

Los materiales de las excavaciones varias se consideran no utilizables para su uso en actividades propias del objeto contractual, si no cumplen con uno o más requisitos de los definidos en las presentes especificaciones. Estos materiales deben ser excavados, retirados y dispuestos en zonas destinadas para este fin, las cuales deben haber sido aprobadas por la autoridad ambiental competente, de acuerdo con lo establecido en los documentos del proyecto, y a los procedimientos aceptados por el interventor.

Las excavaciones deben ser restauradas con materiales que cumplan con los parámetros establecidos en el artículo 610, Rellenos para estructuras.

Equipo

El constructor debe proponer, para consideración del interventor, los equipos más apropiados para las operaciones a realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar y su profundidad, los cuales no deben producir daños innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos, y deben asegurar el avance físico según el programa de trabajo, permitiendo el correcto desarrollo de las etapas constructivas posteriores.

Ejecución de los trabajos

Generalidades

El constructor debe notificar al interventor, con suficiente antelación al comienzo de cualquier excavación, para que se efectúen todas las medidas y levantamientos topográficos necesarios y se fije la localización de la estructura en el terreno original, según el tipo de estructura de que se trate.

Antes de comenzar los trabajos de excavación, se deben haber completado las actividades previas de desmonte y limpieza, de conformidad con lo que resulte aplicable de lo especificado en el artículo 200, Desmonte y limpieza, de las presentes especificaciones.

Si dentro de los límites de la excavación se encuentran estructuras, cimientos antiguos u otros obstáculos no previstos en los documentos del proyecto, y que imposibiliten la construcción de la estructura objeto de la actividad, deben ser retirados por el constructor.

Para definir si existe o no afectación a la estructura a ser construida, la interventoría debe sustentar su decisión en un concepto técnico emitido por el diseñador de la misma.

En los casos en que la interventoría lo autorice, esta debe clasificar y medir estos materiales según lo establecido para tal fin en el numeral 201.6 del artículo 201, Demolición y remoción, para proceder con su pago.

Si la interventoría no autoriza su pago, o si se decide que las obstrucciones no generan afectación a la estructura a ser construida, sino solo a la implementación de los procedimientos constructivos desarrollados por el constructor, los costos de la actividad deben ser asumidos integralmente por el constructor.

Siempre que los trabajos lo requieran, y previa autorización emitida por la autoridad ambiental competente, las excavaciones varias deben comprender labores previas, tales como el desvío de corrientes de agua o la construcción de cauces provisionales, u otras que contemplen los documentos del proyecto.

Los bordes exteriores de las excavaciones deben ser delimitados perfectamente mediante estacas, jalones e hilos de demarcación de sus contornos. En las proximidades de toda excavación destinada a la cimentación de estructuras o a la instalación de alcantarillas, se debe colocar al menos una (1) estaca de referencia altimétrica. Es responsabilidad del constructor la conservación de la estaca de referencia altimétrica hasta la recepción de los trabajos; el interventor puede ordenar la paralización de las excavaciones que no cuenten con estas referencias.

Las excavaciones se deben adelantar de acuerdo con los documentos del proyecto. Las cotas de fundación de zapatas indicadas en ellos se consideran aproximadas y, por lo tanto, el interventor, previa justificación soportada en concepto técnico emitido por el diseñador de la estructura, puede ordenar que sean efectuados todos los cambios necesarios en las dimensiones de la excavación, para obtener una cimentación estable, así como también para garantizar la seguridad de las personas y equipos involucrados en la actividad.

El constructor debe tomar todas las precauciones para minimizar la alteración del suelo contiguo a la excavación.

El interventor puede ordenar, en el evento en que el suelo encontrado a la profundidad de cimentación definida en los documentos del proyecto sea inapropiado, una excavación a mayor profundidad (a efectos de obtener un material de fundación apropiado), o alternativamente, una excavación a mayor profundidad y restitución hasta la cota de cimentación con un material que cumpla con los requisitos establecidos en los numerales 220.2.2.1 o 220.2.2.2 del artículo 220, Terraplenes.

En el primer caso, el diseñador debe revisar los diseños de la estructura y efectuar las modificaciones que correspondan. En el segundo caso, el material de relleno es tratado conforme con lo establecido en el artículo 610 de las presentes especificaciones.

En ambos casos, el interventor debe definir las cotas hasta las cuales se incrementa la profundidad de la excavación.

Para las excavaciones en roca mediante procedimientos detonantes, se debe cumplir lo establecido en el numeral 210.4.1.5 del artículo 210, de las presentes especificaciones. Para las excavaciones en roca mediante procedimientos no detonantes, se debe contar con la aprobación previa del interventor, para lo cual se requiere, mínimo, la siguiente información:

- Descripción del procedimiento de la actividad.
- Criterios de diseño para la selección de equipos, insumos, distribución de puntos de intervención y profundidad de intervención.
- Fecha de inicio y duración de las actividades propuestas.
- Fichas técnicas y certificados de calidad de los productos utilizados para el procedimiento. En caso de que no existan certificaciones de calidad emitidas por un organismo nacional, se deben aceptar, a discreción del interventor, las provenientes de organismos extranjeros.
- Medidas de seguridad para la obra y terceros.

Toda excavación que presente peligro de derrumbes que afecten el ritmo de los trabajos, la seguridad del personal o la estabilidad de las obras o propiedades adyacentes, debe ser protegida mediante técnicas aprobadas previamente por el interventor, siendo responsabilidad del constructor la elaboración y presentación de los soportes técnicos

necesarios. Los sistemas de protección se deben retirar, en el caso de ser necesario, antes de rellenar las excavaciones.

Si los sistemas de drenaje por gravedad no resultan suficientes para mantener drenadas las excavaciones, se deben instalar y mantener en operación motobombas, mangueras, conductos deslizantes y todos los dispositivos necesarios que permitan mantener el agua a un nivel inferior al del fondo de las obras permanentes mientras duren las actividades de excavación. Durante el bombeo, se debe tener la precaución de no producir socavaciones en partes de las obras o alterar las propiedades de los suelos.

Cualquier daño o perjuicio causado por el desarrollo de los trabajos, en la obra o en propiedades adyacentes, es responsabilidad del constructor quien debe reponer, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), los daños y perjuicios causados, y constar para ello en los documentos soporte del contrato, la aprobación por parte del interventor.

Excavaciones para cimentaciones de estructuras de concreto

Excavación

Las excavaciones para cimentaciones a que se refiere el presente numeral se deben realizar conforme con las líneas de pago indicadas en los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor. Estas deben permitir la construcción de las cimentaciones a todo su ancho y longitud, dejando un fondo con una superficie plana y horizontal.

Cuando la cimentación se deba asentar sobre una superficie excavada que no sea roca, el constructor debe tomar las medidas necesarias para minimizar la alteración del fondo de la excavación, con la precaución adicional de no remover el material del fondo de la excavación, en mínimo veinte centímetros (20 cm) (o lo que autorice el interventor), hasta la cota de cimentación prevista, sino en el instante previo a la colocación del cimiento.

En las excavaciones de las fundaciones de estructuras en cajón y pilas, el constructor puede adoptar el sistema constructivo que estime conveniente, siempre y cuando cuente con la aprobación del interventor. Adicionalmente, este puede facilitar el procedimiento constructivo con el empleo de islas, plataformas, sistemas neumáticos, aire comprimido, lanzas de agua, equipos de alto rendimiento de origen minero, u otro sistema autorizado. El empleo de cualquiera de estos sistemas constructivos derivados de las dificultades de la ejecución de obra no implica ningún pago adicional al pactado para el precio unitario establecido en esta especificación.

Cuando se encuentre un fondo rocoso, la excavación se debe ejecutar de tal forma que la roca sólida quede expuesta y preparada en lechos horizontales o dentados para recibir el concreto, debiendo ser removidos todos los fragmentos de roca suelta o desintegrada, así como los estratos muy delgados. Las grietas y cavidades que queden expuestas deben ser limpiadas y rellenadas con concreto o mortero de retracción controlada, según los procedimientos aceptados por el interventor.

Para el caso de zapatas de estribos, pilas de puentes o viaductos, o cualquier estructura soportada sobre pilotes hincados, antes de iniciar la operación de instalación de los pilotes, se debe haber completado la excavación del fondo del elemento que es apoyado en ellos. Una vez sea finalizada la operación de hincado de pilotes, el constructor debe retirar todo el material suelto o desplazado, con el fin de que quede un lecho plano y sólido para recibir el concreto.

Ataguías y encofrados

Las ataguías y encofrados que se conformen para la protección de las excavaciones donde se van a construir los cimientos, se deben llevar a profundidades por debajo del nivel de la base de los cimientos, y a alturas apropiadas para que sean seguras y tan impermeables como sea posible, para realizar adecuadamente el trabajo por ejecutar dentro de ellas. Las dimensiones internas de las ataguías y encofrados deben dejar espacio suficiente para la construcción de formaletas y la inspección de sus partes externas, así como para permitir el bombeo por fuera de aquellos.

Además, las ataguías y encofrados deben ser construidos en tal forma que protejan el concreto fresco contra cualquier daño que pueda ocasionarle una creciente repentina, y para prevenir cualquier daño debido a la erosión. En las ataguías y encofrados no se deben dejar maderos o abrazaderas que puedan penetrar en el concreto del cimiento, salvo que el interventor lo autorice por escrito.

No se debe permitir ningún apuntalamiento de ataguías y encofrados que pueda producir esfuerzo, golpe o vibración en la estructura permanente.

Las ataguías y encofrados inclinados o desplazados lateralmente durante el proceso de hincado deben enderezarse, relocalizarse o suplementarse por el constructor, para obtener el espacio necesario y el lugar apropiado para la cimentación de la estructura.

Al terminar el trabajo de que se trate, el constructor debe desmontar y retirar la obra falsa, de tal manera que no ocasione ningún daño al cimiento terminado.

Sello de concreto

Cuando ocurran circunstancias que no permitan vaciar el cimiento en seco, y exista aprobación por parte del interventor, se puede exigir la construcción de un sello de concreto de las dimensiones que sean necesarias. El concreto debe cumplir con lo especificado en el artículo 630, Concreto estructural, y con el cien por ciento (100 %) de su resistencia a la compresión simple, a la edad de diseño, especificadas en los documentos del proyecto.

Después de colocado el sello, se debe extraer el agua por bombeo, continuándose la ejecución del trabajo en seco.

Cuando se utilicen encofrados de peso considerable con el fin de compensar parcialmente la presión hidrostática que actúa contra la base del sello de concreto, deben proveerse anclajes especiales, tales como espigos o llaves, para transferir el peso total del encofrado a dicho sello.

Cuando el agua esté sujeta a mareas o corrientes, las paredes del encofrado se deben perforar a la altura de la marea más baja, para controlar y obtener igual presión hidrostática dentro y fuera del elemento, durante el vaciado y el fraguado de los sellos.

Conservación de los cauces

A menos que una especificación particular indique algo diferente, no se debe permitir ninguna excavación por fuera de los cajones, ataguías, encofrados o tablestacados, ni alterar el lecho natural de las corrientes adyacentes a la estructura, sin la aprobación por parte de la autoridad ambiental competente y el consentimiento del interventor.

Si se efectúa cualquier excavación o dragado en el sitio de la estructura antes de colocar los caissons, encofrados, ataguías o tablestacados, el constructor debe rellenar la zona excavada o dragada, sin costo adicional para INVÍAS,

una vez colocada la cimentación, hasta la altura inicial del terreno o lecho del río medida al inicio de la excavación, con material aprobado por el interventor.

En cursos de agua navegables, el constructor debe mantener, en todo momento, la profundidad del agua y los gálibos requeridos para el paso del tránsito lacustre o fluvial. También, deben permanecer luces y señales adecuadas durante todo el período de construcción.

Los materiales provenientes de las excavaciones de cimientos o rellenos de ataguías que se depositen provisionalmente en la zona de la corriente de agua, deben ser retirados por el constructor, dejando el lecho de la corriente en las mismas condiciones en que se encontraba originalmente.

Excavaciones para alcantarillas

Las excavaciones para alcantarillas se deben efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los documentos del proyecto, y previa autorización del interventor, debiendo ceñirse a lo establecido en el numeral 600.5.2.

Cuando se vaya a colocar una alcantarilla por debajo de la línea del terreno original, se debe excavar una zanja a la profundidad requerida, de acuerdo con los requerimientos de los artículos 660, Tubería de concreto simple; 661, Tubería de concreto reforzado; 662, Tubería metálica corrugada o 663, Tubería de plástico, según corresponda, debiendo quedar conformado el fondo de la misma de manera que asegure un lecho firme en toda la longitud de la alcantarilla.

El ancho de la zanja debe ser el mínimo necesario que permita trabajar a ambos lados de la alcantarilla y compactar adecuadamente el relleno alrededor de ella. Dicho valor está dado en función del material de fabricación de la tubería según lo establecido en la Tabla 600 – 1, y no debe ser menor de cero coma setenta metros (0,70 m).

Material de la tubería	Ancho de zanja (m)
Acero	1,50*DE + 0,20 (Nota)
CCP y concreto	DE + 0,50
Glass Fiber Reinforced Plastic Pipe (GRP)	1,25*DE + 0,30
Hierro dúctil (HD)	DE + 0,60
Policloruro de vinilo (PVC)	DE + 0,40

En el caso de que no se haya definido en el estudio geotécnico, la excavación se puede realizar con paredes verticales sin ayuda de apuntalamientos, hasta una profundidad máxima, dada por el menor valor obtenido de las siguientes condiciones:

- El valor de la altura crítica (H_c), como se encuentra definido en el "Manual de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras" de INVÍAS (versión 2012).
- Un valor de uno coma cinco metros (1,5 m).

El proceso de cálculo y valor obtenido debe ser aprobado por el interventor.

En caso de que la profundidad de excavación sea mayor de uno coma cinco metros (1,5 m), se deben requerir sistemas de protección ante el cierre accidental. El constructor debe presentar una alternativa técnica ante esta situación, así como los respectivos diseños y memorias de cálculo.

Cuando se encuentre roca, ya sea en estratos o en forma suelta, o cualquier otro material que por su dureza no permita conformar un lecho apropiado para colocar la tubería, dicho material debe ser removido hasta más abajo de la cota de

cimentación y debe ser reemplazado por un material de subbase granular compactado, en un espesor mínimo de quince centímetros (15 cm). Esta capa se debe compactar, mínimo al noventa por ciento (90 %) de la densidad máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142), teniendo en cuenta la corrección por presencia de partículas gruesas (norma de ensayo INV E-143), siempre que ella resulte necesaria.

Cuando se presenten materiales suaves, esponjosos o inestables que no permitan una base firme para la cimentación de la alcantarilla, dichos materiales deben ser removidos en una profundidad igual al ancho de la excavación o la que autorice el interventor, debiendo rellenarse posteriormente con un material adecuado, según el numeral 220.2.1 del artículo 220 o de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto, el cual debe ser compactado, como mínimo, al noventa por ciento (90 %) de la densidad seca máxima obtenida a partir del procedimiento descrito en la norma INV E-142, teniendo en cuenta la corrección por presencia de partículas gruesas que se explica en la norma INV E-143, en caso se requiera.

Excavaciones para filtros

Las excaveciones para la construcción de filtros se deben efectuar hasta la profundidad que se requiera y de conformidad con las dimensiones, pendientes y detalles que indiquen los documentos del proyecto aprobados por el interventor. Las paredes de las excavaciones deben ser verticales y su fondo debe ser conformado, a efecto de que quede una superficie firme y uniforme en toda su longitud.

Excavaciones para gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, descoles y zanjas

Las excavaciones para la fundación de gaviones y muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como las necesarias para la construcción de descoles, zanjas y obras similares, se deben realizar de conformidad con las dimensiones y detalles señalados en los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor.

Bombeo

En cualquier excavación que lo requiera, el bombeo se debe hacer de manera que excluya la posibilidad de arrastrar cualquier porción de los materiales colocados. No se debe permitir bombear agua durante la colocación del concreto o durante las veinticuatro horas (24 h) siguientes, salvo que el bombeo se pueda efectuar desde un sumidero apropiado, separado de la obra de concreto por un muro impermeable, el uso de pozos excavados alrededor del sitio de la obra para control del nivel freático u otros medios efectivos.

No se debe iniciar el bombeo para drenar una ataguía o un encofrado sellado, hasta tanto el sello haya fraguado suficientemente para resistir la presión hidrostática y, en ningún caso, antes de siete días (7 d) o el lapso adicional que autorice el interventor.

Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el constructor debe limpiar y conformar las zonas laterales de la misma y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y a los procedimientos aceptados por el interventor.

Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la tempe ratura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Manejo ambiental y otras consideraciones

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de excavaciones varias se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y la protección de la comunidad.

Por ello, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Los desvíos provisionales de los cursos de agua, aprobados por la autoridad ambiental competente, no pueden dar lugar a modificaciones permanentes en los lechos de quebradas y ríos. Así mismo, debe evitarse el represamiento y el empozamiento de agua por las condiciones insalubres que esto pueda generar.

Todos los materiales removidos de las excavaciones y que no tengan uso previsto en la obra, deben ser cuidadosamente recuperados para evitar que puedan ser arrastrados a cursos de agua, y deben transportarse y depositarse en lugares apropiados, de la manera prevista en los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor.

En cuanto a hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico, se debe seguir lo dispuesto en el numeral 210.4.6 del artículo 210.

Condiciones para el recibo de los trabajos

Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado del equipo de construcción.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Vigilar el cumplimiento del programa de trabajo.

- Confirmar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Verificar el alineamiento, el perfil y las secciones de las áreas excavadas.
- Comprobar la lisura del fondo de la excavación mediante lo establecido en el numeral 600.5.2, y considerando que la diferencia de pendiente existente entre dos (2) puntos de control consecutivos con relación a la contemplada en los documentos del proyecto no exceda de cero coma cinco por ciento (0,5 %).
- Comprobar la firmeza del fondo de las excavaciones, según los valores de compactación definidos en los documentos del proyecto a ejecutar o en el presente artículo.
- Medir los volúmenes de trabajo realizado conforme a la presente especificación.

El interventor debe constatar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los trabajos.

Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El trabajo se debe dar por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección de la excavación estén de acuerdo con los documentos del proyecto y la aprobación del interventor y este considere, además, que la conservación de cauces es satisfactoria.

En ningún punto, la excavación realizada puede variar respecto de la autorizada por el interventor en más de tres centímetros (3 cm) en cota, ni en más de cinco centímetros (5 cm) en la localización en planta.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

Medida

La unidad de medida de las excavaciones varias debe ser el metro cúbico (m3), aproximado a la décima (0,1), de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los documentos del proyecto y en la presente especificación o autorizadas por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No debe haber ninguna medida por los sobreanchos que se requieran para colocar encofrados, ni por el material que se haya excavado antes de haber realizado los levantamientos topográficos mencionados en el numeral 600.4.1.

Todas las excavaciones deben ser medidas por volumen ejecutado, verificado antes y después de llevarse a cabo el trabajo de excavación. El constructor debe permitir que el interventor realice las mediciones y verificaciones que considere pertinentes antes de cerrar la excavación. Si el constructor cierra la excavación antes de que el interventor realice las mediciones y verificaciones, se entiende que se aviene a lo que unilateralmente este determine.

En excavaciones para estructuras, alcantarillas y filtros, toda medida se debe hacer con base en caras verticales a partir de los bordes autorizados de la excavación. Las excavaciones efectuadas por fuera de estos límites y los volúmenes adicionales causados por facilidad constructiva, desprendimientos, derrumbes, hundimientos, sedimentaciones o rellenos debidos a causas naturales, descuido o negligencia del constructor, no se deben medir y su corrección debe correr por cuenta exclusiva de este, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

En caso de ocurrir derrumbes que el interventor no atribuya a descuido o negligencia del constructor, se deben medir, para efectos de pago, conforme con lo establecido en el artículo 211, Remoción de derrumbes.

La medida de la excavación para la fundación de gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como para la ejecución de descoles, zanjas y similares, se debe hacer con base en secciones transversales, tomadas antes y después de realizar el trabajo respectivo. No se debe incluir en la medida las excavaciones ejecutadas por fuera de las líneas definidas en el proyecto o autorizadas por el interventor.

Forma de pago

El trabajo de excavaciones varias se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por este.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de la excavación, eventual perforación, fragmentación mediante el método aprobado por el interventor, remoción, cargue, transporte y descargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho, así como su correcta disposición en estas últimas. El volumen que el constructor puede presentar como soporte para el pago de la actividad, es únicamente el contemplado en el numeral 600.6, no existiendo opción de realizar su cuantificación mediante el valor medido en volquetas o cualquier otro vehículo utilizado para el transporte de los materiales, ni en cualquier otra condición que involucre alteración en relación con el estado en el cual el material se encuentra antes de la ejecución de la excavación. También, debe cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua aprobados por autoridad ambiental competente, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, encofrados, caissons, tablestacados, andamios, entibados y desagües; y los equipos, bombeos, transportes, mano de obra, materiales y equipos para fragmentación detonante y/o no detonante según sea el caso, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Se debe incluir, dentro del precio unitario, los posibles costos inherentes a los derechos de disposición y/o conformación de materiales sobrantes, los cuales incluyen todos los costos inherentes a las posibles obras requeridas en los sitios de disposición.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio de utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario debe cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el interventor. De los volúmenes de excavación se descuentan, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras, mampostería, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, concretos, filtros, subbases, bases y capas de rodadura.

En el caso de que los trabajos afecten una vía en la cual exista tránsito automotor, el precio unitario debe incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario debe incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Los trabajos de desmonte y limpieza previos a la ejecución de las excavaciones se deben medir y pagar de acuerdo con el artículo 200.

Por su parte, el sello de concreto para la protección del fondo de la excavación, cuando se requiera, se debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 630.

Ítem de pago

Opción 1: excavación sin clasificar

Ítem	Descripción	Unidad
600.1.1	Excavaciones varias sin clasificar	Metro cúbico (m^3)

Opción 2: excavación clasificada

Ítem	Descripción	Unidad
600.2.1	Excavaciones varias en roca en seco	Metro cúbico (m^3)
600.2.2	Excavaciones varias en roca bajo agua	Metro cúbico (m^3)
600.2.3	Excavaciones varias en material común en seco	Metro cúbico (m^3)
600.2.4	Excavaciones varias en material común bajo agua	Metro cúbico (m^3)

9.6. Lleno mecánico compactado con material de préstamo hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado. No incluye transporte.

Unidad de medida: m3

Descripción

Este trabajo consiste en la colocación en capas, humedecimiento o secamiento, conformación y compactación de los materiales adecuados provenientes de la misma excavación, de los cortes, o de otras fuentes, para rellenos a lo largo de estructuras de concreto y alcantarillas, previa la ejecución de las obras de drenaje y subdrenaje contempladas en el proyecto o autorizadas por el interventor.

Incluye, además, la construcción de elementos filtrantes por detrás de los estribos, muros de contención y obras de arte, en los sitios y con las dimensiones señalados en los documentos del proyecto, en aquellos casos en los cuales dichas operaciones no formen parte de otra actividad de las presentes especificaciones o de una especificación particular.

Materiales

Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deben provenir de las excavaciones del proyecto, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; deben estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; no deben tener características expansivas ni colapsables. Su empleo debe ser autorizado por el interventor.

Los documentos del proyecto deben indicar los tipos de material por utilizar en las diferentes partes de los rellenos para estructuras. En los siguientes numerales se presentan las características de los materiales típicos que se deben usar en estos rellenos; los diferentes artículos, así como las especificaciones particulares, pueden establecer requisitos adicionales o diferentes a los aquí mencionados para cada uno de los tipos de material de relleno.

Suelos

Deben cumplir con lo establecido en el numeral 220.2.2.1 del artículo 220, Terraplenes, con las precisiones establecidas en la Nota de la Tabla 610 – 1. Igualmente, la muestra que se tome para la prueba de índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 610.5.2.2.1 y con la humedad correspondiente a esa densidad en el lado seco de la curva de compactación.

Recebo

El material de recebo debe cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 –1; además, ajustarse a alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610 – 2.

Característica	Norma de ensayo	Requisito	
		Recebo tipo 1	Recebo tipo 2
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones (%)	INV E-218	50	65
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	INV E-125	45	45
Índice de plasticidad, máximo (%)	INV E-125 e INV E-126	10	12
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	INV E-121 / UNE 103204	1,0	1,0
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota)	INV E-148	2,0	2,0
Resistencia del material (F)			
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota)	INV E-148	10	10
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota)	INV E-148	2,0	2,0

Nota: los valores de CBR y expansión indicados en estos requisitos están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 610.5.2.2.1); el CBR y la expansión se deben medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)				
	75	38	25,0	4,75	0,075
	3 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	Nro. 4	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)				
RE-75	100	-	70 – 100	30 – 75	5 – 30
RE-38	-	100	70 – 100	30 – 75	5 – 30
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		7 %		6 %	3 %

Materiales granulares tipo SBG o BG

Estos materiales granulares se denominan tipo SBG, por su similitud con el material de subbase granular para tránsito NT1 (artículo 320) y tipo BG, por su similitud con el material de base granular para tránsito NT1 (artículo 330). Deben cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 – 3; igualmente, deben satisfacer alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610 – 4.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que sea producido por el constructor debe dar lugar a una curva que cumpla con las siguientes condiciones:

- Para el caso de materiales cuyo porcentaje que pasa a través del tamiz de 0,075 mm (nro. 200) en masa sea menor de doce por ciento (12 %), se deben utilizar materiales clasificados según la norma INV E-181 como "bien gradados" (Tablas 181 – 3 y 181 – 4).

- En cualquier caso, que la curva resultante sea sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una "Fórmula de Trabajo" la cual se debe ajustar durante la construcción del relleno, con las tolerancias que se indican en la Tabla 610 – 4, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40) no debe exceder de dos tercios (2/3) y el tamaño máximo nominal no debe exceder de un tercio (1/3) del espesor de la capa compactada.

Tabla 610 – 3. Requisitos para materiales granulares tipo SBG o BG

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Tipo SBG	Tipo BG
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 4. Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)									
	50.0	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	½ Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)									
SGB-50	100	70 – 95	60 – 90	-	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SGB-38	-	100	75 – 95	-	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
SGB-20	-	-	-	100	60 – 87	50 – 80	35 – 65	24 – 49	8 – 30	2 – 15
BG-38	-	100	70 – 100	-	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	-	100	-	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %					6 %			3 %

Tabla 610 – 5. Requisitos de los agregados para material granular filtrante

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones (%)	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	No plástico
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 6. Franjas granulométricas para material granular filtrante

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)											
	150	100	75	50	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.600	0.150	0.075
	6 Pulgadas	4 Pulgadas	3 Pulgadas	2 Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 30	Nro. 100	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)											
MF-150	100	90 – 100	80 – 100	70 – 95	60 – 80	40 – 70	-	10 – 20	0	-	-	-
MF-75	-	-	100	-	91 – 97	-	79 – 90	66 – 80	-	0 – 40	0 – 8	0 – 2
MF-60				100	70 – 90	55 – 80	-	35 – 65	25 – 50	15 – 30	0 – 3	0 – 2

Material granular filtrante

El material granular filtrante debe satisfacer los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 – 5; así mismo, debe cumplir con alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610 – 6.

Gravilla

La gravilla de rellenos para estructuras debe satisfacer los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 – 7; además, debe cumplir con la granulometría que se indica en la Tabla 610 – 8.

Arena

La arena de rellenos para estructuras debe satisfacer los requisitos de calidad y gradación que se especifican en la Tabla 610 – 9 y la Tabla 610 – 10, respectivamente.

Equipo

Previo a la ejecución de actividades, el constructor debe presentar al interventor las especificaciones de los equipos, así como la cantidad destinada de estos para las diferentes etapas del proceso constructivo del relleno, las cuales son evaluadas y juzgadas como apropiadas si se considera que pueden garantizar el cumplimiento de los parámetros necesarios para el recibo de la actividad (numeral 610.5.2), dentro de los plazos establecidos en el cronograma de obra aprobado.

Tabla 610 – 7. Requisitos para gravilla de rellenos para estructuras

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones (%)	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	0,25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1,0
Geometría de las partículas (F)		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 8. Franja granulométrica para gravilla de rellenos para estructuras

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S*Standard*)						
	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	½ Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10
	Pasa tamiz (%)						
Única	100	70 – 100	54 – 100	20 – 80	0 – 60	0 – 25	0

Tabla 610 – 9. Requisitos para arena de rellenos para estructuras

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 10 15
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo (%)	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0,5
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), máximo (%)	E-214	5
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual a muestra patrón

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 10. Granulometría para arena de rellenos para estructuras

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)						
	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150
	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100
	Porcentaje de que pasa (%)						
Única	100	95 – 100	80 – 100	50 – 85	25 – 60	10 – 30	2 – 5

Ejecución de los trabajos

Generalidades

El constructor debe notificar al interventor, con suficiente antelación al comienzo de la ejecución de los rellenos, para que este realice los trabajos topográficos necesarios y verifique la calidad del suelo de cimentación, las características de los materiales por emplear y los lugares donde ellos son colocados, sin que ello exima, de manera alguna, la responsabilidad que tiene el constructor para garantizar la calidad de los trabajos.

Por ello, antes de iniciar los trabajos, las obras de concreto o alcantarillas contra las cuales se colocan los rellenos, deben contar con la aprobación del interventor.

Cuando el relleno se vaya a colocar contra una estructura de concreto, solamente se debe permitir su colocación a partir del momento en que se demuestre, mediante ensayo de resistencia a la compresión descrito en la norma INV E-410, que el concreto ha alcanzado al menos el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia de diseño. En cualquier caso, el concreto debe lograr el cien por ciento (100 %) de la resistencia a la compresión simple, a la edad de diseño, según los documentos del proyecto, medida según lo establece la misma norma citada.

Los rellenos estructurales para alcantarillas pueden ser iniciados una vez que, desde el momento de la preparación del mortero de la junta, haya transcurrido un período no menor al tiempo de fraguado final Vicat del cemento, según procedimiento establecido en la NTC 118 (ASTM C191), incrementado en veinticuatro horas (24 h).

Si en los documentos del proyecto se establece el requisito de resistencia para el mortero de la junta, se puede iniciar el relleno estructural una vez se alcance, al menos, el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada, determinada a partir de los procedimientos descritos en la NTC 220 (ASTM C109).

Siempre que se vaya a asentar o apoyar el relleno sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficiales o subterráneas, previamente y solo si existe autorización de la autoridad ambiental competente, se deben desviar las primeras y captar y conducir las últimas fuera del área donde se vaya a construir el relleno, labores que se efectúan de acuerdo con los artículos 600, Excavaciones varias y 673, Subdrenes con geotextil y material granular, respectivamente.

Todo relleno colocado antes de que lo autorice el interventor debe ser retirado por el constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Preparación de la superficie base de los rellenos

El terreno base del relleno debe estar libre de vegetación, tierra orgánica, materiales de desecho de construcción u otros materiales objetables, y debe ser preparado de acuerdo con lo señalado en el numeral 220.4.2 del artículo 220.

Extensión y compactación del material

Los materiales de relleno se deben extender en capas preferiblemente horizontales y de espesor uniforme, las cuales deben ser lo suficientemente delgadas para que, con los medios disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido, verificado en la totalidad del espesor de cada capa.

Cuando el relleno se deba depositar sobre agua, las exigencias de compactación para las capas solamente se aplican una vez se haya obtenido un espesor de un metro (1 m) de material relativamente seco.

Los rellenos alrededor de pilas y alcantarillas se deben depositar simultáneamente a ambos lados de la estructura y aproximadamente a la misma elevación. Los rellenos al respaldo de estribos, muros y otras estructuras, se deben realizar de manera que no se pongan en peligro la integridad y la estabilidad de dichas obras, empleando procedimientos propuestos por el constructor y aprobados por el interventor.

Cuando no se contemple la colocación de material filtrante al respaldo de la estructura, se debe colocar grava o roca triturada en las cercanías de los orificios de drenaje, para evitar presiones excesivas y segregación del material de relleno.

Durante la ejecución de los trabajos, la superficie de las diferentes capas debe contar con una pendiente que garantice la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión.

Una vez extendida la capa, se debe proceder a su humedecimiento, si es necesario. El contenido óptimo de humedad se debe determinar en la obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, el constructor debe tomar las medidas adecuadas, pudiendo proceder a la desecación por aireación o a la adición y mezcla de materiales secos u otras sustancias apropiadas, aceptadas por el interventor.

Obtenida la humedad apropiada, determinada mediante cualquiera de los procedimientos establecidos en las Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras de INVÍAS, se debe proceder a la compactación mecánica de la capa. En

áreas inaccesibles a los equipos mecánicos, se autoriza el empleo de compactadores manuales que permitan obtener los mismos niveles de densidad del resto de la capa. La compactación se debe continuar hasta lograr los niveles de densidad a que se hace mención en el numeral 610.5.2.2.1.

La construcción de los rellenos debe hacerse con el cuidado necesario para evitar presiones y daños a las estructuras contra las cuales se colocan.

Capas filtrantes

Cuando se contemple la colocación de capas filtrantes detrás de estribos, muros y obras de arte, ellas se deben disponer y compactar antes o simultáneamente con los demás materiales de relleno, tomando la precaución de que estos no se contaminen entre sí.

Acabado

Al concluir cada jornada de trabajo, la superficie de la última capa debe estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias, sin peligro de erosión.

Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de rellenos para estructuras se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por lo tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Condiciones para el recibo de los trabajos

Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento, tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Verificar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Confirmar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Corroborar que los materiales cumplan los requisitos de calidad mencionados en el numeral 610.2.
- Verificar el alineamiento, el perfil y las secciones de las áreas en las que se construyan los rellenos.
- Determinar la densidad de cada capa compactada. Este control se realiza en todo el espesor de cada capa realmente construida, de acuerdo con el proceso constructivo aprobado.
- Controlar que la ejecución del relleno contra cualquier parte de una estructura de concreto, solamente se comience cuando aquella adquiera la resistencia especificada según lo establecido en el numeral 610.4.1.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de relleno y material filtrante colocados conforme con la presente especificación.

Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de rellenos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar como mínimo dos (2) muestras y, de cada fracción de ellas, se deben determinar los parámetros indicados en el numeral 610.2 y sus respectivos sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.4, 610.2.5 y 610.2.6, según el tipo de material de relleno. La totalidad de los resultados debe satisfacer las exigencias indicadas en ellos. El incumplimiento de una o varias de las exigencias planteadas en los sub-numerales anteriores conlleva al rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas de los materiales, ordenando el retiro de aquellos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Teniendo en cuenta que los volúmenes de rellenos para estructuras suelen ser inferiores a los requeridos para terraplenes, es el interventor quien establece la frecuencia de ejecución de las diversas pruebas de calidad, basado

en los criterios definidos por cada norma específica relacionada con la definición del tamaño de un lote o la frecuencia de realización de ensayos.

Calidad del producto terminado

Los taludes terminados no deben exhibir irregularidades a la vista. La cota de cualquier punto de la subrasante, en rellenos para estructuras, no debe variar más de treinta milímetros (30 mm) de la proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

En las obras concluidas, no se debe admitir ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas superficiales. En adición a lo anterior, se deben adelantar las siguientes comprobaciones:

- ***Compactación***

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas de relleno para estructuras en suelo, recebo y materiales granulares tipo SBG o BG, se calcula el grado de compactación individual GC_i para cada sitio de ensayo de densidad en el terreno, de acuerdo con lo indicado en el numeral 220.5.2.2.2 del artículo 220, fórmulas [220.1] o [220.2] según aplique.

Para suelos que clasifican como A1, A-2-4 o A-3, recebos y suelos granulares tipo SBG o BG, el valor del peso unitario seco máximo se obtiene según la norma de ensayo INV E-142 y la capa de relleno se acepta si el grado de compactación individual GC_i, calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$GC_i \geq 90\%$$

Para suelos que no clasifican como A-1, A-2-4 o A-3, el valor del peso unitario seco máximo se obtiene según la norma de ensayo INV E- 141 y la capa de relleno se acepta si el grado de compactación individual GC_i, calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$GC_i \geq 95\%$$

El número de pruebas por ejecutar en cada capa para realizar el control, debe ser definido por el interventor, pero nunca podrán ser inferiores a las exigidas por las normas de ensayo respectivas.

Las capas de relleno que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deben ser escarificadas, homogenizadas, llevadas a la humedad adecuada y compactadas nuevamente, hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

La compactación de las capas de material filtrante, gravilla y arena, se considera satisfactoria cuando no haya evidencia visible de consolidación adicional al paso del equipo de compactación aprobado por el interventor.

- ***Protección de la superficie del relleno***

Al respecto, se aplica el mismo criterio indicado en el numeral 220.5.2.2.4 del artículo 220, en relación con la protección de la corona de terraplenes.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias mencionadas deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

- ***Medida***

La unidad de medida para los volúmenes de rellenos debe ser el metro cúbico (m3), aproximado a la décima (0,1), de material compactado, aceptado por el interventor, en su posición final. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes deben ser determinados con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de relleno. Dichas áreas están limitadas por las líneas de pago teóricas mostradas en los documentos del proyecto o autorizadas por el interventor. En los casos en que el volumen a compactar corresponda a una figura geométrica regular, se puede realizar su medición mediante fórmulas geométricas, siempre y cuando esto no conlleve a medir volúmenes por fuera de las líneas del proyecto.

No hay medida ni pago para los rellenos por fuera de las líneas o hilos del proyecto, efectuados por el constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Tampoco se deben medir los rellenos que haga el constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte del proyecto.

Forma de pago

El trabajo de rellenos para estructuras se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, la extracción, preparación y suministro de los materiales, así como su cargue, transportes, descargue, almacenamiento, colocación, humedecimiento o secamiento, compactación y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los rellenos para estructuras de acuerdo con los documentos del proyecto, esta especificación y la aprobación del interventor.

No se debe pagar el suministro de materiales de relleno para estructuras que hayan sido obtenidos de las excavaciones de la explanación, canales y préstamos, ni de las excavaciones varias del contrato, según los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos, y 600 de estas especificaciones.

El precio unitario debe cubrir, además, los costos de adecuación de las fuentes de materiales al término de los trabajos para recuperar sus características hidrológicas superficiales, así como los de señalización preventiva de la vía y ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos.

El precio unitario debe cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Por su parte, los costos por concepto de preparación de las superficies sobre las cuales se construyen los rellenos y capas filtrantes se deben reconocer de acuerdo con el artículo 220 o el artículo 600, el que resulte aplicable según las características de la obra que se construye. Si ninguno de estos artículos forma parte del contrato, los costos de la preparación de la superficie existente deben quedar incluidos dentro del precio unitario de los rellenos objeto del presente artículo.

Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
610.1	Rellenos para estructuras con suelo	Metro cúbico (m^3)
610.2	Rellenos para estructuras con recebo	Metro cúbico (m^3)
610.3	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-50	Metro cúbico (m^3)
610.4	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-38	Metro cúbico (m^3)
610.5	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-20	Metro cúbico (m^3)
610.6	Rellenos para estructuras con material granular tipo BG-38	Metro cúbico (m^3)
610.7	Rellenos para estructuras con material granular tipo BG-25	Metro cúbico (m^3)
610.8	Rellenos con material filtrante	Metro cúbico (m^3)
610.9	Relleno con gravilla	Metro cúbico (m^3)
610.10	Relleno con arena	Metro cúbico (m^3)

9.7. Suministro, transporte y colocación de base granular BG-38, reacomodado con medios mecánicos y compactado al 95% mínimo del ensayo del proctor modificado. Segun norma INVIAS. No incluye transporte, se cobrará en su respectivo ítem.

Unidad de medida: m3

Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación, el humedecimiento o la aireación, la extensión y la conformación, la compactación y el terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

Materiales

Clases de base granular

Se definen tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en la Tabla 330 — 2. Los documentos del proyecto deben definir la clase de base granular por utilizar, así mismo, definir el tipo de granulometría que se debe emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de base granular se deben usar como se indica en la Tabla 330 — 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 330 — 1. Uso típico de las diferentes clases de base granular

Clase de base granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

Tabla 1. Clase de base granular.

Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la base granular deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 330 — 2. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 330 — 3; salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, para niveles de tránsito NT3 se deben usar bases granulares de gradación gruesa. Cuando los materiales de base no cumplan los requisitos de la Tabla 330 — 2, estos pueden ser tratados con cemento para mejorar sus propiedades. Las recomendaciones de construcción para tener en cuenta son las establecidas en el artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural.

No se debe aceptar el suministro y la utilización de materiales que no cumplan los requisitos indicados en esta especificación.

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 35 7	 40 8	 40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	25	30	-
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 90 75	 70 75	 - -
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	-	-	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	0	0	3
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2).	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y apianamiento, máximo (%).	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%). (Nota 3): - Una cara - Dos caras	E-227	 90 85	 70 50	 50 -
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80

Tabla 2. Requisitos de calidad para los agregados

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
Bases granulares de gradación gruesa								
BG-40	100	75 – 100	65 – 90	45 – 68	30 – 50	15 – 32	7 – 20	0 – 9
BG-27	-	100	75 – 100	52 – 78	35 – 59	20 – 40	8 – 22	0 – 9
Bases granulares de gradación fina								
BG-38	100	70 – 100	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	100	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Tabla 3. Franjas granulométricas del material de base granular.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 330 – 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada. Una vez elegida la franja granulométrica, esta no se puede cambiar por otra, sin previa autorización del interventor.

Los agregados gruesos, retenidos sobre el tamiz de 4,75 mm (nro. 4), deben ser partículas resistentes, durables, constituidas de fragmentos de roca o grava. No se deben usar materiales que se quiebran o degradan con los ciclos alternados de humedecimiento-secado.

Los agregados finos, que pasan por el tamiz de 4,75 mm (nro. 4), deben estar constituidos por arenas naturales o trituradas, y por partículas minerales que pasan por el tamiz de 0,075 mm (nro. 200).

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada, y el tamaño máximo nominal no debe exceder un tercio (1/3) del mismo espesor.

Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. Para la construcción de la base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, una planta de trituración, una unidad

clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. También se requieren equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

Estos equipos deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas; los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte. Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por conformar superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m2), se deben utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de base con la configuración deseada, y para proporcionarle un mínimo de compactación. En el resto de los casos el constructor debe disponer los equipos necesarios para la extensión del material, con previa autorización del interventor.

Todos los compactadores deben ser autopropulsados y tener inversores del sentido de la marcha de acción suave. Como mínimo se debe emplear un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos.

El rodillo metálico del compactador vibratorio debe tener una carga estática sobre la generatriz no inferior a treinta kilonewtons por metro (30 kN/m) y debe ser capaz de alcanzar una masa de al menos quince mil kilogramos (15 000 kg), con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas.

Si se utilizan compactadores de neumáticos, estos deben ser capaces de alcanzar una masa de, al menos, veintiocho mil kilogramos (28 000 kg) y una carga por rueda de al menos treinta y nueve coma dos kilonewtons (39,2 kN) aproximadamente, con una presión de inflado que pueda llegar a alcanzar un valor no inferior a cero coma ocho megapascales (0,8 MPa).

Los compactadores de rodillos metálicos deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha, y no deben presentar surcos ni irregularidades en ellos. Los compactadores de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras. En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación convencionales, el constructor debe emplear otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar, y siempre deben ser autorizados por el interventor.

El agua añadida se debe controlar mediante un caudalímetro, cuya precisión debe ser superior al dos por ciento (2 %), y un totalizador con indicador en la cabina de mando de la central. El equipo de humedecimiento y mezclado debe ser capaz de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

Ejecución de los trabajos

Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

Preparación de la superficie existente

El interventor solo debe autorizar la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada, así como las cotas y las secciones indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los desagües y los filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el constructor debe hacer las correcciones necesarias, las cuales deben ser aprobadas por el interventor.

La base granular no se debe extender sobre superficies que presenten capas blandas, arcillosas u orgánicas.

Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 del artículo 300, respectivamente.

Colocación, extensión y conformación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme donde el interventor debe verificar su homogeneidad. Si la capa de base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, su mezcla, se puede realizar en planta o directamente en el sitio.

En el caso de realizar la mezcla en planta, se debe agregar la dosificación requerida de agua para luego transportar el material a su sitio de colocación; y en el caso en el que se vaya a realizar la mezcla directamente en el sitio, esta se debe hacer en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área de colocación no está permitida. La mezcla se debe realizar en seco y posteriormente se debe agregar el agua que sea requerida.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua óptimo de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con un contenido de agua uniforme. Este, después de humedecido o aireado, se debe extender en todo el ancho previsto en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material se debe extender de tal forma, que no requiera mayor manipulación para obtener el espesor, el ancho y el bombeo especificados en los diseños, evitando en lo posible adiciones de forma sectorizada.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe 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 base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe 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 debe mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente, siguiendo lo estipulado en la sección 330.5.2.2.2 de esta especificación. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el constructor debe proponer al interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y calidad de la capa.

Compactación

Una vez que el material extendido de la base granular tenga el contenido de agua apropiado, entendido como el contenido de agua igual que el óptimo, necesario para asegurar la densidad de diseño requerida, se debe conformar ajustándose a los alineamientos y las secciones típicas del proyecto y se debe compactar 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 el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

La última capa extendida debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir 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 estas capas se debe distribuir en forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El constructor debe responder por los daños producidos por esta causa y debe repararlos, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de material de base granular mientras no haya sido realizada la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se puede construir la base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C).

Los trabajos de construcción de la base granular se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Bacheos

En las excavaciones para la reparación de un pavimento existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), que tengan una profundidad superior a trescientos milímetros (300 mm), se debe

emplear material de base granular para su relleno por encima de la subbase granular descrita en el numeral 320.4.10 del artículo 320, y hasta una profundidad de setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

Si la excavación tiene una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm) y menor o igual a trescientos milímetros (300 mm), ella se debe rellenar con material de base granular hasta setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

En las excavaciones para reparación del pavimento existente cuya profundidad sea menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), no se debe emplear material de base granular en su relleno.

El material de base granular colocado en estos rellenos debe ser compactado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras no convencionales, muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidas a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de base granular en las operaciones de bacheo en ellos y las respectivas profundidades de colocación, se debe definir en los documentos del proyecto.

Conservación

El constructor debe conservar la capa de base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el interventor, hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el constructor debe reparar, sin costo adicional para INVÍAS, todos los daños que se produzcan en la base granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

Condiciones para el recibo de los trabajos

Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300.

Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

Calidad de los agregados

Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y por cada dos mil metros cúbicos (2000 m3) del material de un mismo tipo se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 330 – 2. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

El ensayo para determinar el valor de azul de metileno sobre el agregado combinado solo es necesario si el valor del equivalente de arena es inferior a treinta por ciento (< 30 %), pero es igual o superior a veinticinco por ciento (≥ 25 %).

Durante esta etapa, el interventor debe comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

Control de producción

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

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 330 – 4.

Característica	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-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Valor de azul de metileno (si aplica)	E-235	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

Tabla 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 330 – 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se deben realizar sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 330 – 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 330.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deben sufrir una degradación excesiva por motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se deben tomar muestras representativas, al menos cada doscientos metros (200 m) del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se deben someter a los ensayos que se indican en la Tabla 330 – 5. Los resultados de estos ensayos deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 330.2.2. Si no las cumplen, se debe suspender inmediatamente el empleo del material y se debe delimitar el área donde se haya utilizado, la cual debe ser demolida y reconstruida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, empleando un material de base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral. La reparación de la zona del material extraído debe cumplir con lo especificado en este artículo para las zonas de bacheo.

Característica	Norma de ensayo INV
Granulometría	E-213
Límite líquido	E-125
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

Calidad del producto terminado

Terminado

La capa de base granular terminada debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. La matriz de agregado fino no se debe desplazar bajo la acción del barrido o del tránsito normal. Si el interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, debe delimitar el área afectada y el constructor la debe escarificar en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, debe mezclar y compactar de nuevo hasta que, tanto el área delimitada como las adyacentes, cumplan todos los requisitos exigidos en el presente artículo.

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Tampoco debe quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). En perfiles transversales cada veinte metros (20 m), se debe comprobar el ancho de la capa extendida, que en ningún caso debe ser inferior al establecido en los documentos del proyecto.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el interventor puede aceptar la superficie siempre que la capa superior a esta compense la disminución con el espesor adicional necesario, sin que ello implique costo para INVÍAS. De lo contrario estas áreas deben ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir las cotas y el espesor establecidos en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, el constructor debe corregirlo por su cuenta, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

Compactación

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total de la base granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m2) de base granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Medida

La base granular se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de base, se debe aplicar lo señalado en el numeral 300.6.2 del mismo artículo. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m3), aproximado a la décima (0,1).

Forma de pago

La base granular se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

Ítems de pago

Ítem	Descripción	Unidad
330.1	Base granular clase A	Metro cúbico (m³)
330.2	Base granular clase B	Metro cúbico (m³)
330.3	Base granular clase C	Metro cúbico (m³)
330.4	Base granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m³)
330.5	Base granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m³)
330.6	Base granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m³)

9.8. Suministro, colocación, conformación y compactación de Subbase granular para bacheo, no incluye transporte. Compactación hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado.

Unidad de medida: m3

Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación, el humedecimiento o aireación, la extensión y la conformación, la compactación y el terminado de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, las pendientes las dimensiones indicadas en los documentos del proyecto.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina subbase granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o la capa estabilizada, en todo tipo de pavimento, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

Materiales

Clases de subbase granular

Se definen tres clases de subbase granular, en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en el numeral 320.2.2. Así mismo, se debe definir el tipo de granulometría que se va a emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de subbase granular se deben usar como se indica en la Tabla 320 – 1, en función del nivel de tránsito del proyecto, definido en el artículo 100, Ámbito de aplicación, términos y definiciones.

Tabla 320 – 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

Tabla 5. Clases de subbase granular.

Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la subbase granular deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 320 – 2. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320 – 3.

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - 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 (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados

Tabla 320 — 3: Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	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 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada

Tabla 6. Requisitos de calidad para los agregados de subbase granular

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 320 – 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Una vez elegida la franja granulométrica, no se puede cambiar por otra sin previa autorización del interventor.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada, y el tamaño máximo nominal no debe exceder un tercio (1/3) del mismo espesor.

Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. Para la construcción de la subbase granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores. Estos equipos deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas. Los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte.

Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por pavimentar superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m2), se recomienda utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de subbase, con la configuración deseada y para proporcionarle un mínimo de compactación. No obstante, la selección del equipo para la extensión debe ser responsabilidad del constructor, con la aprobación

del interventor y se debe validar durante su operación. El equipo de humedecimiento y mezclado debe ser capaz de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

Ejecución de los trabajos

Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

Preparación de la superficie existente

El interventor solo debe autorizar la colocación de material de subbase granular, cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas.

Además, debe estar concluida la construcción de los desagües y los filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el constructor debe realizar las correcciones necesarias, hasta ser aprobadas por el interventor.

Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de artículo 300, respectivamente.

Colocación, extensión y conformación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde el interventor debe verificar su homogeneidad. Si la capa de subbase granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, su mezcla se puede realizar en planta o en un patio fuera de la vía.

En el caso de realizar la mezcla en planta, se debe agregar la dosificación requerida de agua para luego transportar el material a su sitio de colocación. Cuando se vaya a realizar la mezcla directamente en el sitio, esta se debe hacer en un patio fuera de la vía, porque su mezcla dentro del área de colocación no está permitida. La mezcla se debe realizar en seco y posteriormente se debe agregar el agua que sea requerida.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua óptimo de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con un contenido de agua uniforme. Este, después de humedecido o aireado, se debe extender en todo el ancho previsto en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material se debe extender de tal forma, que no requiera mayor manipulación para obtener el espesor, el ancho y el bombeo especificados en los diseños, evitando en lo posible adiciones de forma sectorizada.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe 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 debe 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 debe mostrar una distribución granulométrica interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente, según lo estipulado en el numeral 320.5.2.2.2 de esta especificación. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el constructor debe proponer al interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y la calidad de la capa.

Compactación

Una vez que el material extendido de la subbase granular tenga el contenido de agua apropiado para asegurar la densidad de diseño requerida, se debe conformar ajustándose a los alineamientos y las secciones típicas del proyecto, y se debe compactar 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 el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

El acabado final de la subbase debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

Construcción de la subbase granular sobre un afirmado existente

Si el proyecto contempla que el afirmado existente forme parte de la capa de subbase granular, aquel se debe escarificar en una profundidad de cien milímetros (100 mm) o la que especifique los documentos del proyecto, y se debe conformar y compactar con el fin de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la subbase granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm). Si el espesor del afirmado es menor de cien milímetros (100 mm), el interventor puede autorizar que el material de subbase granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de este. En todo caso, se deben respetar los espesores

Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir 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 debe distribuir en forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El constructor debe responder por los daños originados por esa causa y debe repararlos, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de material de subbase granular mientras no haya sido realizada la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se puede construir la subbase granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C). Los trabajos de construcción de la subbase granular se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición

de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Bacheos

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), cuya profundidad sea superior a trescientos milímetros (300 mm), se deben rellenar con material de subbase granular desde el fondo de la excavación hasta una profundidad de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente. Este material debe ser compactado con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidos a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de subbase granular en las operaciones de bacheo en ellos, se debe definir en los documentos del proyecto.

Conservación

El constructor debe conservar la capa de subbase granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el interventor hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el constructor debe reparar, sin costo adicional para INVÍAS, todos los daños que se produzcan en la subbase granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

Condiciones para el recibo de los trabajos

Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300.

Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

Calidad de los agregados

Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y por cada dos mil metros cúbicos (2 000 m3) del material de un mismo tipo, se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 320 – 2. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Estos ensayos se deben repetir durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, y no se puede utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del interventor.

Durante esta etapa, el interventor debe comprobar, además, que el material de descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

Control de producción

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

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 320 – 4.

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-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Desgaste en máquina de Los Ángeles	E-218	Una (1) vez por semana
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

Tabla 7. Verificaciones periódicas de la calidad del material de subbase granular.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 320 – 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se deben realizar sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 320 – 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se debe permitir el empleo de materiales que no cumplan con los requisitos de calidad indicados en el numeral 320.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deben sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se deben tomar muestras representativas, al menos cada doscientos metros (200 m) del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se deben someter a los ensayos que se indican en la Tabla 320 — 5. Los resultados de estos ensayos deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 320.2.2. Si no las cumplen, se debe suspender inmediatamente el empleo del material y se debe delimitar el área donde se haya utilizado, la cual debe ser demolida y reconstruida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, empleando un material de subbase granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral.

Característica	Norma de ensayo INV
Granulometría	E-213
Límite líquido	E-125
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

Tabla 8. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados.

Calidad del producto terminado

Terminado

La capa de subbase granular terminada debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, aminaciones ni segregaciones. Si el interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, debe delimitar el área afectada y el constructor la debe escarificar en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, debe mezclar y compactar de nuevo hasta que, tanto el área delimitada como las adyacentes, cumplan todos los requisitos exigidos en el presente artículo.

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Tampoco debe quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no debe ser inferior a la señalada en los documentos del proyecto.

Cuando los niveles de la rasante no se cumplan por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el interventor puede aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la disminución con el espesor adicional necesario, sin incremento de costo para INVÍAS. De lo contrario, estas áreas deben ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir las cotas y el espesor establecidos en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

Cuando no se cumpla por exceso, este se debe corregir por cuenta del constructor, siempre que ello no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

La verificación de los perfiles longitudinales y transversales del proyecto se debe hacer mediante puntos de referencia altimétrica a distancias no superiores a veinte metros (20 m). En las zonas de transición de peraltes, esta verificación se debe realizar cada diez metros (10 m) como máximo. El ancho de la sección en ningún caso debe ser inferior al establecido en los documentos del proyecto.

Compactación

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total de la subbase granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m2) de subbase granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Planicidad

Se debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según a norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el interventor considere conveniente. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir variaciones superiores a veinte milímetros (20 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia, debe ser delimitada por el interventor, y el constructor debe corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, es obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente artículo.

Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deben satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a criterio del interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual debe depender del tamaño de las áreas tratadas.

Medida

La subbase granular se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de subbase, se debe aplicar lo señalado en el numeral 300.6.2 del mismo artículo. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m3), aproximado a la décima (0,1).

Forma de pago

La subbase granular se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
320.1	Subbase granular clase A	Metro cúbico (m^3)
320.2	Subbase granular clase B	Metro cúbico (m^3)
320.3	Subbase granular clase C	Metro cúbico (m^3)
320.4	Subbase granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m^3)
320.5	Subbase granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m^3)
320.6	Subbase granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m^3)

9.9. Suministro, transporte y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 19 que cumpla con la norma INVIAS 2013. Incluye: colocación con terminadora (finisher) y compactación. No incluye imprimación, ni transporte de materiales, que se pagarán en su respectivo ítem. Su medida de pago será metro cúbico compacto medido en sitio.

Unidad de medida: m3

Descripción

Este trabajo consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada y colocada en caliente (concreto asfáltico), de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas, las secciones y los espesores indicados en los documentos del proyecto.

La Tabla 450 — 1 relaciona tres tipos de mezclas asfálticas de gradación continua, en función del tipo de granulometría.

Tipo	Denominación
Por tipo de granulometría	
Mezclas densas	MDC
Mezclas semidensas	MSC
Mezclas gruesas	MGC
Mezclas especiales	
Mezclas de alto módulo	MAM

Tabla 9 Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

En todo caso el valor del módulo de rigidez por adoptar en el diseño debe ser acorde a las condiciones de temperatura y frecuencia del proyecto.

Las mezclas de reciclado en planta y en caliente deben seguir lo especificado en el artículo 462.

Materiales

Agregados pétreos y llenante mineral

Requisitos generales

Los requisitos que se exigen en esta sección son de tipo prescriptivo, para evaluar la calidad de los materiales que componen la mezcla asfáltica. En caso de no cumplirse alguno(s) de ellos, la aceptación o rechazo respectivos deben ser evaluados según las premisas de desempeño indicadas en el diseño, y según sean las condiciones de las fuentes locales. La aprobación debe ser sustentada mediante un informe técnico detallado, desarrollado por el especialista en pavimentos y/o geotecnia, donde se consigne cuál debe ser el desempeño y la durabilidad, proponiendo las estrategias

necesarias para garantizar el cumplimiento del diseño. El interventor debe aprobar o rechazar los materiales en función de los requisitos establecidos en esta sección y en los establecidos en el informe de desempeño del especialista.

Los agregados pétreos y el llenante mineral deben satisfacer los requisitos del numeral 400.2.1 del artículo 400. Así mismo, deben cumplir los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 450 — 2.

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%). (Nota 1): - Capa de: rodadura/intermedia/base, 500 revoluciones - Capa de: rodadura/intermedia/base, 100 revoluciones	INV E-218	25/35/- 5/7/-	25/35/35 5/7/7	25/35/35 5/7/7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-238	-	25/30/30	20/25/25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de: rodadura/intermedia/base - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínima (%)	INV E-224	- -	- -	110/90/75 75/75/75
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo.	INV E-232	45	45	45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%).	INV E-220	18	18	18
Análisis petrográfico				
Cuantifica los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (Nota 2).	ASTM C295	-	-	Reportar
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%).	INV E-237	0,5	0,5	0,5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de Plasticidad, máximo (%).	INV E-125 e INV E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%).	INV E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo.	INV E-235	10	10	10

Tabla 10. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	INV E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): - Una cara: rodadura/intermedia/base - Dos caras: rodadura/intermedia/base	INV E-227	75/60/- -/-/-	75/75/60 60/-/-	85/75/60 70/-/-
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35
Adhesividad (O)				
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%).	INV E-757	Reportar		
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo.	INV E-774	4		

Nota 1: se aceptan valores superiores de desgaste siempre y cuando el valor de Micro-Deval se cumpla; esta nota no resulta aplicable para tránsito NT1.

Nota 2: este ensayo es aplicable únicamente para tránsito NT3. El informe debe cuantificar los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado, debe incluir advertencia sobre la presencia de minerales contaminantes, deletéreos, con posibles reactividades químicas, inestables o susceptibles a cambios volumétricos. Debe indicar el grado de meteorización o de alteración del agregado, y la porosidad. También debe incluir valores de acidez y carga de partícula con un concepto sobre la adherencia con el asfalto y las emulsiones.

Agregado fino

La proporción de arena natural no puede exceder los valores indicados en la Tabla 450 — 3.

Característica	Nivel de tránsito		
	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado combinado.	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado fino.	≤ 50		

Tabla 11. Proporción máxima de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Llenante mineral

El llenante mineral puede provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o puede ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada (ver requisitos en la NTC 4019) o cemento hidráulico (ver requisitos en el numeral 501.2.1

del artículo 501). La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deben cumplir lo establecido en la Tabla 450 — 4.

Característica	Norma de ensayo INV	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (porcentaje (%) en masa del llenante total)				
- Capa de rodadura	-	-	≥ 25	≥ 50
- Capa intermedia		-	≥ 25	≥ 50
- Capa de base		-	-	≥ 25
Granulometría del llenante mineral de aporte:				
- % que pasa tamiz de 1,18 mm (nro. 16)		100		
- % que pasa tamiz de 0,600 mm (nro. 30)	E-215	97 — 100		
- % que pasa tamiz de 0,150 mm (nro. 100)		95 — 100		
- % que pasa tamiz de 0,075 mm (nro. 200)		70 — 100		
Densidad *bulk* (g/cm³).	E-225	0,5 — 0,8		
Vacíos del llenante seco compactado (%).	E-229	-	≥ 38	

Tabla 12. Proporción y requisitos del llenante mineral.

Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, debe estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 450 — 5. El análisis granulométrico se debe efectuar de acuerdo con la norma INV E-213.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

Tipo de mezcla		Tamiz (mm / U.S. Standard)									
		37,5	25,2	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075
		1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 80	Nro. 200
		Pasa tamiz (%)									
Densa	MDC-25	-	100	80 — 95	67 — 85	60 — 77	43 — 59	29 — 45	14 — 25	8 — 17	4 — 8
	MDC-19	-	-	100	80 — 95	70 — 88	49 — 65	29 — 45	14 — 25	8 — 17	4 — 8
	MDC-10	-	-	-	-	100	95 — 87	43 — 61	16 — 29	9 — 19	5 — 10
Semidensa	MSC-25	-	100	80 — 95	65 — 80	55 — 70	40 — 50	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
	MSC-19	-		100	80 — 95	65 — 80	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
Gruesa	MGC-38	100	75 — 95	65 — 85	47 — 67	40 — 60	28 — 46	17 — 32	7 — 17	4 — 11	2 — 6
	MGC-25	-	100	75 — 95	55 — 75	40 — 60	28 — 46	17 — 32	7 — 17	4 — 11	2 — 6
Alto módulo	MAM -25	-	100	80 — 95	65 — 80	55 — 70	40 — 56	24 — 38	10 — 20	8 — 14	6 — 9
	MAM-19	-	-	100	80 — 95	65 — 80	40 — 56	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		-	4 %					3 %			2 %

El tipo de mezcla asfáltica en caliente por emplear depende del tipo y del espesor compacto de la capa asfáltica y se define en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 450 — 6.

Tipo de capa	Espesor de capas de compactación (mm)	Tipo de mezcla
Rodadura	30 — 40	MDC-10
	40 — 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19, MAM-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
	60 — 130	MAM-25
Bacheos	50 — 75	MSC-25, MGC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

Tabla 13. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla en caliente se debe seleccionar en función de:

- Características climáticas de la zona.
- Tipo de capa.
- Condiciones de operación de la carretera.

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de asfalto por utilizar en cada capa del pavimento. El tipo de asfalto puede ser:

- Asfalto convencional, con denominaciones 40 — 50, 60 — 70 u 80 — 100 según se definen en el artículo 410.
- Cemento asfáltico modificado con polímeros de tipo CAM-2, CAM-3, CAM-5 y CAM-1 según se definen en el artículo 414.

En términos generales, se pueden tomar como guía para la selección del tipo de asfalto las indicaciones de la Tabla 450 — 7. Los asfaltos deben cumplir los requisitos de calidad establecidos en los artículos 410 o 414, según corresponda.

Tipo de capa	NT1			NT2			NT3		
	Temperatura media anual de la región (°C)								
	> 24	15 - 24	< 15	> 24	15 - 24	< 15	> 24	15 - 24	< 15
Rodadura e Intermedia	60 — 70	60 — 70 u 80 - 100	80 — 100	60 — 70	60 — 70 u 80 - 100	80 — 100	40 — 50 60 — 70 ≥ 40/70 — 58 o 55/70 — 58 ≥ 55/70 — 65	40 — 50 60 — 70 o 40/70 — 58 o 55/70 — 58	60 — 70 80 — 100 o 55/70 — 58
Base	NA			60 — 70 o 80 — 100	60 — 70 u 80 — 100	80 — 100	60 — 70	60 — 70 u 80 — 100	80 — 100
Alto Módulo	NA			NA			15/40 — 65		

Aditivos mejoradores de la adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deben cumplir con los requisitos del artículo 412. Los aditivos por emplear deben ser recomendados y suministrados por el constructor, y su dosificación y dispersión homogénea deben tener la aprobación del interventor.

El constructor debe garantizar que su incorporación no produce ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, es de responsabilidad exclusiva del constructor, quien debe efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las indicaciones del interventor y hasta ser aprobado por este.

Aditivos para modificar la reología

Se permite la incorporación de productos o tecnologías que modifiquen la reología de una mezcla asfáltica elaborada con asfalto convencional o métodos tradicionales. Se permite el uso de fibras, aditivos para mezclas tibias, asfalto espumado o cualquier otra tecnología o modificador de las propiedades del concreto asfáltico, siempre y cuando se presenten informes técnicos que determinen su dosificación y se muestre evidencia de un comportamiento favorable en campo. Dichos informes deben ilustrar las mejoras obtenidas en el desempeño, en los procesos productivos, en los procesos constructivos, en la durabilidad o en las prestaciones mecánicas, al ser comparada la mezcla modificada respecto a la mezcla patrón sin incorporación de dichos productos. Además, el uso de estos productos o tecnologías debe ser respaldado con las respectivas fichas técnicas y hojas de seguridad proporcionadas por el fabricante para contar con la aprobación del interventor.

Equipo

Al respecto, se debe considerar lo que resulte aplicable de lo indicado en el artículo 400. Para la compactación, se deben poner a disposición de los trabajos, como mínimo, un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixtos y uno (1) de llantas neumáticas.

Ejecución de los trabajos

Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

Diseño de la mezcla y la obtención de la fórmula de trabajo

Generalidades

Rige todo lo que resulte aplicable en el numeral 400.4.2 del artículo 400.

Diseño de la mezcla

Las mezclas en caliente objeto del presente artículo, se deben diseñar por el método Marshall, de acuerdo con los pasos descritos en la Tabla 450 — 6.

Preparación de la superficie existente

La mezcla no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva deben ser corregidas, de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla necesita riegos previos de imprimación o de liga, ellos se deben realizar conforme lo establecen los artículos 420 y 421, respectivamente.

Antes de aplicar la mezcla, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego previo y no deben quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se debe comprobar que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial. Si ello sucede, el constructor debe efectuar un riego adicional de adherencia. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al constructor, el nuevo riego debe realizarlo sin costo adicional para INVÍAS.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se deben ejecutar de acuerdo con las indicaciones del artículo 465, para la excavación, y de los artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de tal excavación. Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios y documentos del proyecto, requiere un fresado previo, este se debe realizar conforme se establece en el artículo 460.

Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

Aprovisionamiento de los agregados

Los agregados se deben suministrar fraccionados y se deben manejar separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones debe ser tal, que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar, sin peligro de segregación, al observar las precauciones que se detallan a continuación. Cuando la mezcla asfáltica se vaya a elaborar en una planta del tipo tambor secador-mezclador, no se debe permitir, por ningún motivo, realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta.

Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se deben construir por capas de espesor no superior a uno coma cinco metros (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se deben colocar adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se deben acopiar por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se debe realizar de forma que estas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se deben tomar las precauciones necesarias, para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se debe realizar en dos (2) tolvas, así este sea de un tipo único.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se deben regular en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se debe regular, de acuerdo con la producción prevista y se debe mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se deben calentar antes de su mezcla con el asfalto. El secador se debe regular de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre combustión incompleta o se advierte alguna contaminación por combustible, en los agregados o en la mezcla, se debe detener la producción hasta que se identifiquen y se corrijan las causas del problema.

Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se puede introducir en la mezcla. En caso contrario, se debe eliminar. El tiro de aire en el secador se debe regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se debe hacer de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se debe comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione agregados homogéneos a las tolvas en caliente. En caso contrario, se deben tomar las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se deben pesar exactamente y se deben transportar al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se debe agregar automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se debe encontrar a la temperatura adecuada, y se debe continuar la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura del material bituminoso en el instante de la mezcla depende de la relación viscosidad – temperatura. La temperatura conveniente es aquella a la cual el ligante presenta una viscosidad entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150 cSt – 300 cSt). Es preferible que se encuentre entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt – 190 cSt).

El volumen de materiales en el mezclador no debe ser tan grande, que sobrepase los extremos de las paletas, cuando estas se encuentren en posición vertical. Es recomendable que no supere los dos tercios (2/3) de su altura, de forma que logre ser envuelta completa y uniformemente, para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo.

Todos los tamaños del agregado deben estar uniformemente distribuidos en la mezcla recién elaborada y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no debe exceder la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se debe cuidar su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se deben rechazar todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma o las que presenten indicios de contaminación o humedad. En este último caso, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También, se deben rechazar aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

Siempre que se emplee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, esta se debe verter dentro del silo, tomando las precauciones necesarias para que no se ocasione segregación. En el instante de la descarga del silo a las volquetas, se debe procurar realizarla con la mayor rapidez, con el fin de disminuir la posibilidad de segregación en los platones de las volquetas, ya que de esta manera se reduce la acción de rodamiento de la mezcla cuando fluye hacia ellos. En ese momento se debe verificar la temperatura, con el fin de impedir el despacho a la obra de mezclas, con temperaturas inferiores a las definidas como apropiadas para la extensión y para la compactación durante la fase de experimentación.

Transporte de la mezcla

La mezcla se debe transportar a la obra, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Solo se debe permitir el trabajo en horas de la noche si, por instrucción y verificación del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla, se deben tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deben limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deben mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos, y sus cargas por eje y totales se deben encontrar dentro de los límites fijados por la normativa vigente del Ministerio de Transporte.

Transferencia de la mezcla

Si el constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta debe descargar la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se deben encargar de alimentar la pavimentadora, sin que esta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

Extensión de la mezcla

La máquina pavimentadora debe extender la mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia, de modo que se cumplan los alineamientos, los anchos y los espesores señalados en los documentos del proyecto.

A menos que el interventor expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales y debe comenzar a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en las operaciones de extendido, teniendo en

cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

Siempre que resulte posible, después de haber extendido y compactado una franja, la adyacente se debe extender, mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de ser compactado, con el fin de evitar la ejecución de una junta longitudinal.

La pavimentadora se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones y con un espesor tal, que luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. Tampoco se debe permitir la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla se debe suspender inmediatamente, hasta que se determine y corrija su causa. Toda área segregada que no se corrija antes de la compactación, se debe remover y reemplazar con material apropiado, a expensas del constructor.

La extensión de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. Toda imperfección superficial debe ser corregida antes de compactar. Se debe vigilar de manera especial esta condición en los inicios de la jornada, en los relevos de vehículos de suministro y al finalizar la jornada. De ser necesario se debe reservar parte de la mezcla para corregir y nivelar con herramienta menor todas aquellas áreas de difícil ejecución para la pavimentadora.

En caso de trabajo intermitente, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora, no disminuya de la especificada para el inicio de la compactación. De lo contrario, dicha mezcla se debe descartar y ejecutar una junta transversal. Tras la pavimentadora se debe disponer de un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla caliente y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en esta especificación.

En los sitios en los que no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se puede extender a mano. La mezcla se debe descargar fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se debe distribuir en los lugares correspondientes, por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal, que una vez compactada, se ajuste a los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Se debe verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de extensión.

Compactación de la mezcla

La compactación se debe realizar según el plan aprobado por el interventor como resultado de la fase de experimentación. Debe comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos.

La compactación se debe realizar longitudinalmente, de manera continua y sistemática, y no se debe efectuar hasta que los defectos en la fase de extensión hayan sido corregidos. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso, en la forma aprobada por el interventor, hasta que la superficie total se haya compactado. Si la extensión de la mezcla se realiza por franjas, al compactar una de ellas, se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deben llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el interventor y sus cambios de dirección se deben hacer sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Sin embargo, no se deben permitir excesos de agua. Se debe tener cuidado al compactar, para no desplazar los bordes de la mezcla extendida.

Se debe chaflanar ligeramente los bordes exteriores del pavimento terminado. La compactación se debe realizar de manera continua, durante la jornada de trabajo y se debe complementar con el trabajo manual mínimo necesario para corregir todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se debe continuar mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada, hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en este artículo y se debe concluir con un apisonado final usando un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes. Se debe verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

Juntas de trabajo

Las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deben cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar una capa uniforme y ligera de riego de liga, antes de colocar la mezcla nueva, para dejarla curar suficientemente. El borde de la capa extendida previamente se debe cortar de manera vertical con cortadora de disco o con herramienta manual que permita una superficie relativamente plana y vertical, sobre la cual se debe efectuar riego de liga en todo su espesor según los especificado en el artículo 421. La junta se debe nivelar y pulir con elementos adecuados antes de permitir el paso de equipos de compactación sobre ella.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deben cortar con disco o herramientas adecuadas, para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se debe compactar mecánicamente.

Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

La junta longitudinal de construcción entre franjas contínúas conformadas por un pavimento viejo y uno nuevo, deben ser tratadas con riego de liga según lo especificado en el artículo 421, y precalentadas entre noventa y ciento cincuenta grados Celsius (90 °C — 150 °C). Si ambas franjas son de pavimentos nuevos y registran temperaturas por debajo de noventa grados Celsius (90 °C), también deben ser precalentadas pero no requieren riego de liga.

Para lograr alta densificación en las juntas se debe iniciar la compactación desde el borde de la franja recién extendida hasta quince centímetros (15 cm) antes del llegar a la junta. Posteriormente desde la franja compacta y con el uso de herramienta manual se debe llevar hacia la junta el material fresco que esté sobre la superficie de tal forma que no queden rebabas. Seguidamente, el centro del rodillo se debe hacer coincidir con el cordón de mezcla fresca situado entre el pavimento recién extendido y el de la franja adyacente, para proceder con la respectiva compactación. Al finalizar la operación se deben verificar condiciones de planicidad. El interventor no debe permitir juntas con acabados de mezcla remontada, acordonada o con segregación. El incumplimiento de este requisito puede dar lugar al rechazo del lote de la jornada.

Bacheos

Cuando se haya efectuado una excavación para la reparación de un pavimento asfáltico convencional (constituido por capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), con una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm), y se tenga contemplado en el proyecto emplear las mezclas asfálticas en caliente del presente artículo para efectuar parte del relleno de la excavación, los setenta y cinco milímetros (75 mm) superiores, hasta alcanzar el nivel de rasante del pavimento que se repara, se deben rellenar con una mezcla asfáltica en caliente de uno de los tipos señalados en la Tabla 450 — 6.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se debe rellenar en su totalidad con mezcla asfáltica en caliente, en capas de espesor compacto de no menos de cincuenta milímetros (50 mm), empleando las mezclas señaladas en la Tabla 450 — 7, según el espesor elegido para la capa compactada. De todas maneras, la capa superior del bacheo no puede tener un espesor superior a setenta y cinco milímetros (75 mm).

En todos los casos, las capas se deben compactar con equipos adecuados, hasta lograr los niveles de densidad prescritos en este artículo.

Tanto la superficie que recibe las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, se deben pintar con un riego de liga con emulsión asfáltica, conforme a las instrucciones del interventor.

El tipo y espesor de las mezclas asfálticas en caliente para operación de bacheo sobre pavimentos muy gruesos y complejos (múltiples intervenciones de rehabilitación), se deben definir en los documentos del respectivo proyecto o, en su defecto, deben ser aprobados por el interventor, de acuerdo con las circunstancias específicas de cada obra.

Apertura al tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado se puede abrir al tránsito tan pronto la capa extendida alcance en todo su espesor una temperatura menor de cuarenta y cinco grados Celsius (45 °C). Por ningún motivo se debe permitir la acción de cualquier tipo de tránsito sobre las capas en ejecución.

Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de mezcla asfáltica en caliente, mientras no se haya realizado la nivelación y se haya comprobado y aprobado el grado de compactación de la capa precedente.

Tampoco se debe permitir la extensión ni la compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C). Si el espesor de la capa por extender, ya compactada, es menor de cincuenta milímetros (50 mm), dichas temperaturas no pueden ser inferiores a ocho grados Celsius (8 °C).

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica en caliente se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y la compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, los debe corregir el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con la aprobación de este. El constructor debe proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

Condiciones para el recibo de los trabajos

Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Calidad del cemento asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico deben ser los establecidos en los artículos 410 o 414, según corresponda.

Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

- Aprobación inicial.
- Control de producción.

Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se debe controlar el aspecto de la mezcla y se debe medir su temperatura. Se deben rechazar todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustibles. En este último caso y cuando la planta sea del tipo discontinuo, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Se deben realizar los siguientes controles cuantitativamente:

Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un (1) lote, definido como se indica en el numeral 450.5.2.5.1, se debe determinar el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF %).

$$ARF\ \% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \%$$

Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados, según la norma de ensayo INV E-782.

La curva granulométrica de cada ensayo individual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 450 — 5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Esta mezcla se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 450.4.2. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se debe rechazar el lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Calidad de la mezcla

Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se deben compactar probetas (dos (2) por muestra) para verificar en el laboratorio su gravedad específica bulk (normas INV E-733 o INV E-802), y su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall (normas INV E-748 o INV E-800, según corresponda). La compactación se debe hacer aplicando el número de golpes indicado en la Tabla 450 — 9, de acuerdo con el nivel de tránsito de diseño.

Así mismo, sobre una muestra representativa de la mezcla del lote, se debe determinar la gravedad específica máxima (Gmm), mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas se debe calcular los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas se debe encontrar en el rango establecido en la Tabla 450 – 9, sin que ningún valor individual se pueda alejar en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %) de los límites del rango. El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de estabilidad y flujo. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad

satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Si el requisito de vacíos con aire se cumple, se debe proceder a determinar la estabilidad y el flujo de las cuatro (4) probetas.

Estabilidad

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas (Em) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (Et).

Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (Fm), se debe encontrar entre el ochenta por ciento (80 %) y el ciento veinte por ciento (120 %) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (Ft), pero no se debe permitir que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 450 — 9.

Relación estabilidad/flujo

Se debe calcular esta relación para las cuatro (4) probetas elaboradas para el control de estabilidad y flujo en cada lote.

Los valores obtenidos se deben encontrar dentro de los límites establecidos en la Tabla 450 — 9, según el tránsito de diseño de la vía para la cual se está elaborando la mezcla. Si al menos uno de los valores calculados queda por fuera de dichos límites, se debe rechazar el lote, así los valores individuales de estabilidad y de flujo sean satisfactorios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el interventor lo considere necesario, de acuerdo con el aspecto y el comportamiento de la mezcla colocada, se debe verificar en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

Al efecto, se deben moldear seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se deben curar en seco y tres (3) bajo condición húmeda, para determinar la resistencia promedio de cada grupo, como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo debe ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito implica la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes, cuya mezcla considere el interventor que puede presentar este problema (seis (6) núcleos por lote, tres (3) curados en seco y tres (3) bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito se deben rechazar. Además, los trabajos se deben suspender, hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el

cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo, hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

Contenido de agua

Siempre que la apariencia de la mezcla indique la posible presencia de agua en ella, se debe determinar el contenido de agua en la mezcla asfáltica, según las normas de ensayo INV E-755 o INV E-783.

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica en caliente no puede ser mayor de cero coma cinco por ciento (0,5 %). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito deben ser rechazados.

Módulo de rigidez

Módulo resiliente

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo (MAM) se debe determinar el módulo resiliente, en condición laboratorio, según la norma de ensayo INV E-749, o de forma alternativa, empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas.

Módulo complejo

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo (MAM) se debe determinar el módulo complejo, en condición laboratorio, según la norma de ensayo UNE-EN 12697-26 (Anexo D). La prueba se debe realizar por duplicado a la temperatura y la frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.2.2.3.2., es decir, un mínimo de cuatro (4) muestras, dos (2) a condición de temperatura y frecuencia del proyecto, y dos (2) a veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz).

Calidad del producto terminado

Tamaño del lote

Se debe considerar como lote, que se acepta o se rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en caliente:

- Quinientos metros (500 m) de mezcla en caliente colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m2) de mezcla en caliente colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), la definición de lote es como se indica en el numeral 450.5.2.5.9.

Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica en caliente debe presentar una superficie uniforme y se debe ajustar a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base no debe variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada, y la variación no puede exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deben ser corregidas por el constructor de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobado por este, sin costo adicional para INVÍAS. Además, se deben realizar las siguientes verificaciones.

Compactación

La determinación de la densidad de la capa compactada se debe realizar, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Los sitios para la toma de muestras o las mediciones in situ se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

Para el control de la compactación de una capa de mezcla en caliente de gradación continua, se debe calcular su grado de compactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno (pi) y de los ensayos de gravedad específica máxima (Gmm) de laboratorio.

Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (em), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Segregación térmica

En el caso de vías que presenten niveles de tránsito NT3, el constructor debe entregar al interventor un registro termográfico, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado (norma INV E-788). Estos registros deben ser entregados al interventor a más tardar una semana después de la pavimentación del sector fotografiado y antes de la toma de núcleos para verificar la densidad. Estas fotografías tienen dos usos:

- Durante la construcción, el interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada.
- Al final de la obra, las imágenes deben ser incluidas en el informe final de interventoría y deben servir a INVÍAS como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

Planicidad

La superficie acabada no puede presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos,

cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que el interventor escoja al azar, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo se deben retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuestas por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Textura

Las medidas de textura se deben realizar en los treinta días (30 d) de compactación de la capa, mediante el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos por controlar por lote debe ser de tres (3), que se deben ampliar a cinco (5), si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se deben elegir al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no puede ser menor al mínimo admisible, que se defina en los documentos del proyecto, el cual no puede ser inferior a cero coma nueve milímetros (0,9 mm). Ningún valor individual puede ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no pueden existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para INVÍAS, del mismo espesor compacto que la anterior, para cumplir todos los requisitos de calidad de esta especificación.

Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta días (30 d) de la puesta en servicio, se deben hacer las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en caliente construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se deben elegir al azar, sino que el interventor los debe ubicar en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se deben realizar con el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 450 — 14, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales, para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual debe ser corregida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS. Para ello, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional

de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para INVÍAS, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, que cumpla todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas debe ejecutarlo de acuerdo con el artículo 421, sin costo adicional para INVÍAS.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular debe indicar el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 450 — 14 para el péndulo británico.

Regularidad superficial

El IRI se debe comprobar de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este artículo establece que la determinación del IRI se debe realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial. Las medidas de precisión se pueden adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, este se debe validar previamente con uno de precisión, en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se debe operar, de acuerdo con la norma ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se deben hacer en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del IRI se deben presentar en metro por kilómetro (m/km), en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituye un lote.

No debe haber exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales debe definir el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del IRI.

Se entiende que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 450 — 15.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los sectores relevantes en el incumplimiento y debe ordenar su corrección, mediante el fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. El interventor debe establecer los espesores por fresar y reponer en cada tramo, y todos los costos que impliquen estas correcciones, deben ser asumidos por el constructor. El material fresado es de propiedad del constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor del veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de este debe ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente artículo, están a cargo del constructor. El material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Construcción de capas de renivelación

Las mezclas para la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente deben cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deben cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a las capas asfálticas por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y debe ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, con el consentimiento previo de INVÍAS, al respectivo precio unitario del contrato.

Medidas de deflexión

El interventor debe verificar la homogeneidad de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla asfáltica en caliente, realizando medidas de deflexión con alguno de los dispositivos presentados en la norma de ensayo INV E-797, de acuerdo con el procedimiento normal aplicable a este. Los resultados de las medidas, que se deben realizar en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no deben constituir base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que sirven a INVÍAS para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios para el diseño estructural del pavimento.

En todo caso, se recomienda en la medida de lo posible que no se emplee la Viga Benkelman para las mediciones de las deflexiones de la capa, especialmente en niveles de tránsito altos como el NT3.

Medida

Rige lo descrito en el artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplica lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo artículo.

Forma de pago

Rige lo descrito en el artículo 400 y en particular en el numeral 400.7.3 del mismo artículo.

9.10. Suministro, transporte y aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento C.R.L.- 1 o C.R.L. - 0 para imprimación de superficie a pavimentar según normas para la construcción de pavimentos del INVIAS. Incluye todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Incluye Limpieza de superficie y Riego inicial con carrotanque

Unidad de medida: m2

Descripción

Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica catiónica, del tipo y las características de rotura apropiados, n el sitio de colocación de mezclas en frío, densas o abiertas, recicladas o estabilizadas, así como en el sitio de ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación.

Materiales

Definición

Se definen como emulsiones asfálticas catiónicas a las dispersiones de pequeñas partículas de un cemento asfáltico en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión; deben presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

Designación

Para efectos de la aplicación de este artículo, la denominación del tipo de emulsión asfáltica se compone de un código alfanumérico, formado en su orden por la polaridad dada por el tipo de emulgente, el tipo de rompimiento, un guion, el porcentaje de asfalto residual, y el tipo de estabilidad en caso necesario, del siguiente modo: C, para la polaridad catiónica; RR, RM o RL, para la rotura según sea rápida, media o lenta; guión; 40, 57, 60 o 65, de acuerdo con el porcentaje de asfalto que contenga la emulsión; y, con h para una de las emulsiones de rotura lenta, cuando corresponda al caso de alta estabilidad.

En las emulsiones CRR-60, CRR-65 y CRL-57 (Tabla 411 — 1), y de acuerdo con el clima de la región, el cemento asfáltico base para elaborar la emulsión, se establece con asfalto residual duro (ARD) para las zonas climáticas, templadas y cálidas (temperatura media ≥ 15 °C), y asfalto residual blando (ARB) para las zonas con clima frío (temperatura media < 15 °C).Las emulsiones asfálticas deben cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 411 — 1.En el caso de mezclas recicladas en frío que requieran una emulsión asfáltica de diferentes características, su suministro se debe realizar conforme lo establezca la respectiva especificación particular.

Equipo

Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se debe realizar a granel, en carrotanques que no requieran aislamientos térmicos ni calefacción. Deben estar dotados de los medios

mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, debe disponer de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión sfáltica antes de su uso, se debe realizar en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales se deben encontrar en posiciones diametralmente opuestas. Los tanques deben tener bocas de ventilación, para evitar que trabajen a presión, y deben contar con los aparatos de medida y de seguridad necesarios ubicados en puntos de fácil acceso, para garantizar su correcto funcionamiento. Así mismo, deben disponer de una válvula adecuada para la toma de las muestras. Deben, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando se almacene por tiempo prolongado.

Antes de utilizar los depósitos, estos deben ser limpiados cuidadosamente, para eliminar natas o residuos de otros productos, materiales extraños o emulsiones de tipo diferente al que se va a almacenar. Esta operación se debe repetir cada vez que sea necesario, para evitar la contaminación del producto.

Cada depósito de almacenamiento se debe identificar, en un lugar visible, donde se indique su capacidad, el tipo de emulsión asfáltica que contiene y, cuando se trate de recipientes, el origen del material y la fecha de producción. Así mismo, para cada depósito se debe llevar un registro en el que se indiquen las fechas y los volúmenes de los suministros recibidos y de las salidas de material.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica deben estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se deben preferir las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento siempre se debe realizar por tubería directa.

Ensayos sobre la emulsión	Norma de ensayo	Tipo de rotura (Nota)											
		Rápida				Media		Lenta					
		CRR-60		CRR-65		CRM-65		CRL-60		CRL-57		CRL-57h	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Destilación: - Contenido de asfalto residual (%) - Contenido de aceite (%)	INV E-762	60 -	- 3	65 -	- 3	65 -	- 12	40 10	- 20	57 -	- -	57 -	- -
Contenido de agua (%)	INV E-761	-	40	-	35	-	35	-	50	-	43	-	40
Viscosidad: - Saybolt-Furol a 25 °C (s) - Saybolt-Furol a 50 °C (s)	INV E-763	20 -	100 -	- 100	- 400	- 50	- 450	- -	50 -	20 -	200 -	20 -	100 -
Estabilidad durante el almacenamiento: - Sedimentación a 24 h (%) - Sedimentación a los 5 días (%)	INV E-764	- -	1 5	- -	1 5	- -	1 5	- -	- 10	- -	1 5	- -	1 5
Tamizado Retenido tamiz de 0,850 mm (nro. 20) (%)	INV E-765	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Demulsibilidad (%)	INV E-766	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotura en ensayo de mezcla con cemento (%)	INV E-773	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
Carga eléctrica de la partícula	INV E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
pH	INV E-768	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Índice de rotura	UNE-EN 13075-1	Reportar											

Ensayos sobre la emulsión	Norma de ensayo	Tipo de rotura (Nota)											
		Rápida				Media		Lenta					
		CRR-60		CRR-65		CRM-65		CRL-40		CRL-57		CRL-57h	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento: - Con agregado seco - Con agregado seco y acción del flujo de agua - Con agregado húmedo - Con agregado húmedo y acción del flujo de agua	INV E-763	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	Buena Satisfactoria Satisfactoria Satisfactoria		- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
Ensayos sobre el residuo de destilación													
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm) - Asfalto residual duro (**ARD**) - Asfalto residual blando (**ARB**)	INV E-706	- 60 100	- 130 250	- 60 100	- 100 250	100 - -	350 - -	200 - -	300 - -	- 60 100	- 100 250	60 - -	100 - -
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min) (cm)	INV E-702	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en tricloroetileno (%)	INV E-713	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-

Nota: el tipo de rotura se establece de acuerdo con lo indicado en las normas de ensayo ASTM D244 e INV E-767.

Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión asfáltica, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de este al equipo de empleo, deben estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

Ejecución de los trabajos

Recibo del producto

A la llegada del producto al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor, una certificación del fabricante de la emulsión expedida para cada carrotanque o viaje que se reciba, con la siguiente información:

- Tipo de emulsión asfáltica y velocidad de rotura.
- Fechas de elaboración y despacho.
- Resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 411 — 1 o lo que indique la respectiva especificación particular, en los casos en que se autorice el empleo de una emulsión asfáltica de características diferentes.

La certificación no evita la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el interventor considere pertinente, se deben comprobar los sistemas de transporte, trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material. El interventor puede ordenar la suspensión del uso del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica.

El empleo de la emulsión asfáltica en la elaboración de riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas y estabilizaciones, se debe hacer conforme se establece en la especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual forma parte.

Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400, y lo establecido en la hoja de seguridad del producto.

Condiciones para el recibo del producto

Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que, en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica, el constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y el funcionamiento de los equipos de transporte y de almacenamiento de la emulsión asfáltica.
- Verificar que, durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora y la seguridad de personas, bienes o animales.
- Tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 411 — 1 y efectuar las respectivas pruebas, cada vez que el interventor lo estime conveniente. Las muestras se deben tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se deben adelantar las siguientes verificaciones:

- De cada carrotanque con emulsión asfáltica que llegue a la planta se deben tomar dos (2) muestras, de al menos, dos kilogramos (2 kg) (norma INV E-701), en el momento del trasvase del material del carrotanque al tanque de almacenamiento. Sobre una de estas muestras se deben realizar los ensayos de contenido de agua y de penetración del residuo, y la otra, se debe utilizar para los ensayos de contraste, en caso de ser necesario. Los laboratorios en donde se realicen los ensayos de contraste, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), mediante alguna de las siguientes alternativas:

1. La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).

2. La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
3. Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

- El interventor debe exigir al constructor la realización de los ensayos necesarios para comprobar las características especificadas en la Tabla 411 — 1, con una frecuencia recomendada, de una (1) vez cada mes y como mínimo de tres (3) veces durante la ejecución de la obra. Para proyectos con duración inferior a un (1) mes, basta con la realización de una (1) sola comprobación.

- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica incorporada en riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas, reciclados y estabilizaciones.

En desarrollo de las dos primeras actividades, no se debe admitir ninguna tolerancia en relación con los límites que se establecen en la Tabla 411 — 1 o en la especificación particular del proyecto, y en cuanto a la tercera, se debe aplicar lo que recomiende la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

Si la emulsión asfáltica se almacena durante un plazo superior a quince días (15 d) antes de su empleo, se deben realizar, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una tomada en la parte superior y otra de la inferior del tanque de almacenamiento, el ensayo de tamizado, según la norma INV E-765 y el ensayo de contenido de ligante, de acuerdo con la norma INV E-762. Si no se cumple con lo establecido para estas características, se debe proceder a su homogeneización y la realización de nuevos ensayos, o a su retirada. Este plazo de quince días (15 d), se debe reducir a cinco días (5 d) para el caso de emulsiones de rotura lenta.

Medida

La unidad de medida de la emulsión asfáltica debe ser el litro (L), aproximado al litro entero, de emulsión incorporada en las mezclas y estabilizaciones aprobadas por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida para cada uno de los ítems, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Dado que al aplicar la emulsión en obra se pierde el agua que contiene, la determinación de la cantidad de emulsión realmente utilizada, se cuantifica a partir de la masa de la mezcla o estabilización aceptada en su posición final, la cual se obtiene multiplicando el volumen aprobado por la densidad media obtenida en obra en cada lote. A la masa así determinada, se le aplica el porcentaje promedio de asfalto, que resulte de los ensayos de extracción realizados sobre muestras representativas de la mezcla aceptada.

En el caso de mezclas recicladas, se debe descontar la masa del asfalto ya incluido dentro del material que se está reciclando. Como este valor corresponde únicamente a asfalto residual, su conversión a emulsión asfáltica se debe realizar de acuerdo con la concentración de esta. Por último, la conversión de masa de emulsión a volumen se debe realizar considerando la densidad de un kilogramo por litro (1 kg/L). Para efectos de pago, se debe considerar siempre una emulsión asfáltica con una concentración de sesenta por ciento (60 %); por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se debe hacer la conversión correspondiente mediante la expresión:

$$\begin{pmatrix}\text{Volumen}\\ \text{para pago}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{Volumen}\\ \text{aplicado}\end{pmatrix} * \frac{C}{60\ \%}$$

Donde:

C, concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

Para efectos de pago separado, en riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales simples y dobles, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación, no debe haber medida de la emulsión asfáltica utilizada.

Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica efectivamente incorporada en las mezclas o estabilizaciones en su posición final, aprobadas por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de suministro de la emulsión en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, debe incluir los costos por concepto de desperdicios, de administración e imprevistos y la utilidad del constructor, y en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

No debe haber ningún pago separado por concepto de la emulsión asfáltica, cuando sea incorporada en riegos de imprimación (artículo 420), riegos de liga (artículo 421), tratamientos superficiales (artículo 430), sellos de arena-asfalto (artículo 432), lechadas asfálticas (artículo 433), mezclas asfálticas en frío (densas o abiertas) (artículo 440), reciclado de pavimentos asfálticos in situ empleando ligantes bituminosos (artículo 461) e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación (artículo 464).

Tampoco debe haber pago separado por concepto de la emulsión asfáltica incorporada en riegos de curado, a los cuales hace referencia el artículo 422. Todos los costos relacionados con su suministro y correcta aplicación se deben incluir en el precio unitario de la capa sobre la cual haya sido aplicada.

Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
411.1	Emulsión asfáltica de rotura media CRM-65	Litro (L)
411.2	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-40	Litro (L)
411.3	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-57	Litro (L)
411.4	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-57h	Litro (L)
411.5	Emulsión asfáltica de rotura rápida CRR-60	Litro (L)
411.6	Emulsión asfáltica de rotura rápida CRR-65	Litro (L)

9.11. Suministro e instalación de Señalización vertical reglamentaria, preventiva e informativa de 75x75 cm en lámina galvanizada C. 16 y reflectivo grado 4 alta intensidad prismático, estructura en ángulo de 2"x1/4

Unidad de medida: und

Descripción

Este trabajo radica en el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de señales verticales de tránsito, para reglamentar, prevenir e informar a los usuarios, de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto y las instrucciones del interventor.

El diseño de las señales verticales, los mensajes y los colores, deben estar en concordancia con el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte y demás normas que lo complementen o sustituyan.

El diseño de la señales verticales y señalización especial para túneles debe estar en concordancia con el Manual para el Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Túneles de Carretera para Colombia vigente y demás normas que lo complementen o sustituyan.

Materiales

Material retrorreflectivo

Retrorreflectividad es el fenómeno de reflexión de la luz hacia la fuente que la emite, con una dispersión mínima. La retrorreflectividad se describe en la norma ASTM E808.

El material retrorreflectivo para las señales verticales de tránsito y delineadores que cubre este artículo, debe cumplir las especificaciones contenidas en la NTC 4739. El tipo de material retrorreflectivo de cada señal debe ser el indicado en los documentos del contrato, en función del grado de retrorreflectividad, color y durabilidad requeridos en cada caso; debe cumplir con los requisitos de visibilidad y retrorreflexión definidos en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte. Para vías nacionales no se recomienda el uso de láminas retrorreflectivas tipo I y tipo II.

El constructor debe presentar las certificaciones de cumplimiento de dicha norma, expedidas por el proveedor del material, para la aprobación de la interventoría.

Material para tableros

Los tableros, para todas las señales, deben estar construidos en materiales que garanticen resistencia a cargas de viento e impacto, durabilidad, resistencia a la oxidación y que, adicionalmente, no representen un peligro grave al ser impactados por un vehículo. Se pueden usar láminas de acero galvanizado, aluminio, poliéster reforzado con fibra de vidrio modificada con acrílico y estabilizador ultravioleta u otro material.

Para determinar el tipo de material a utilizar, se deben tener en cuenta las condiciones atmosféricas y ambientales de la zona donde deben instalar las señales para lo cual, se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio o aluminio, para vías en zonas aledañas a áreas marinas o zonas que por sus condiciones ambientales sean propensas a generar problemas acentuados de oxidación de los materiales.
- En lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio, galvanizada o aluminio, para los otros casos no contemplados en el párrafo anterior.

Lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio

El material debe cumplir los siguientes requisitos:

Espesor

Debe ser de tres coma cuatro milímetros más o menos cero coma cuatro milímetros (3,4 mm ± 0,4 mm), el cual se debe verificar como el promedio de las medidas en cuatro (4) sitios del borde de cada lámina, con una separación entre ellos igual a la cuarta parte del perímetro de esta. La lámina no debe contener grietas visibles ni arrugas en las superficies que puedan afectar su comportamiento y alterar las dimensiones. Por lo menos una de las caras de la lámina debe ser completamente lisa.

Color

El color debe ser blanco uniforme.

Pandeo

La deflexión máxima vertical en el centro de una lámina cuadrada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de lado, suspendida horizontalmente de sus cuatro (4) vértices, no debe ser mayor de doce milímetros (12 mm).

Luego, la lámina se debe colocar, suspendida en las mismas condiciones, en un horno a ochenta y dos grados Celsius (82 °C) durante cuarenta y ocho horas (48 h); se saca del horno, se suspende de la misma forma y se deja enfriar. La deflexión máxima vertical en el centro de la lámina, medida una vez alcance la temperatura ambiente, no debe ser mayor de doce milímetros (12 mm). Todas las medidas se deben tomar cuando la lámina se encuentre a temperatura ambiente.

Resistencia al impacto

Una lámina cuadrada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de lado, debe resistir fuerzas de impacto que podrían agrietar otros plásticos o deformar metales. La lámina apoyada en sus extremos y a una altura de veinte centímetros (20 cm) del piso, debe resistir el impacto de una esfera de acero de cuatro mil quinientos gramos (4 500 g) en caída libre desde una altura de tres coma cinco metros (3,5 m), sin resquebrajarse.

Estabilidad térmica

Las características de resistencia no deben ser afectadas apreciablemente en un rango de temperaturas entre menos dieciocho y más cien grados Celsius (18 °C y +100 °C).

Resistencia al fuego

Los componentes de la lámina deben contener aditivos que la hagan menos propensa a iniciar y propagar llamas.

Protección ante la intemperie

Las láminas deben estar fabricadas con protección ante la intemperie por ambas caras; poseer una superficie uniforme químicamente pegada, recubrimiento gelatinoso (Gel-Coat) que no se pueda separar. Para comprobarlo, se sumerge una muestra de diez centímetros (10 cm) por dos centímetros (2 cm) en una probeta que contenga cloruro de metileno, durante trece minutos (13 min), después de lo cual se seca, no debiendo aparecer fibra de vidrio por ninguna de las dos (2) caras.

Estabilización

Las láminas deben estar fabricadas de manera que no liberen constituyentes emigrantes (solventes, monómeros, etc.) con el tiempo; tampoco deben contener residuos de agentes desmoldeantes en la superficie del laminado que puedan interferir en la adherencia de la lámina retrorreflectiva.

Tratamiento de la cara frontal

Previamente a la aplicación del material retrorreflectivo, la lámina debe limpiarse, desengrasarse y secarse de toda humedad.

Lámina de acero galvanizado

El material debe cumplir los siguientes requisitos:

Material

La lámina debe ser de acero laminado en frío y revestida por ambas caras con una capa de zinc, aplicada por inmersión en caliente o por electrólisis, según las normas NTC 3940 y NTC 4011; después del galvanizado, se debe preparar la pintura según la NTC 6146 (ASTM D6386).

Espesor

La lámina de acero debe tener un espesor de uno coma cinco milímetros, con una tolerancia de más o menos cero coma quince milímetros 1,5 mm ± 0,15 mm). La medida puede efectuarse en cualquier parte de la lámina, a una distancia no menor de diez milímetros (10 mm) del borde.

Resistencia al doblez

Una probeta cuadrada de cinco centímetros (5 cm) de lado, no sometida a tratamientos térmicos previos, no debe presentar desprendimiento de zinc cuando se dobla girando ciento ochenta grados Celsius (180 °C), con una luz igual al espesor de la lámina.

Tratamiento de la cara frontal

Previamente a la aplicación del material retrorreflectivo, la lámina galvanizada debe ser limpiada y desengrasada; además, debe estar libre de óxido blanco. El galvanizado debe tener una superficie de terminado producida con abrasivo grado cien (100) o más fino.

Tratamiento de la cara posterior

Una vez cortada y pulida, la lámina debe limpiarse y desengrasarse, aplicando seguidamente una pintura base (wash primer o epoxipoliamida), para colocar finalmente una capa de esmalte sintético blanco.

Lámina de aluminio

El material debe cumplir los siguientes requisitos:

Material

La lámina de aluminio debe ser de aleaciones 6061-T6, 5052-H38, NTC 1685 (ASTM B209) o extrusiones similares.

Espesor

El espesor debe ser de dos milímetros, medidos con una tolerancia de más o menos cero coma dos milímetros (2 mm ± 0,2 mm). La medida se puede efectuar en cualquier parte de la lámina, a una distancia no menor de diez milímetros (10 mm) del borde.

Tratamiento de la cara frontal

Previamente a la aplicación del material retrorreflectivo, la lámina debe estar limpia, desengrasada y seca de toda humedad; igualmente, debe estar libre de óxido blanco. El aluminio debe tener una superficie de terminado producida con abrasivo grado cien (100) o más fino.

Tratamiento de la cara posterior

Una vez cortada y pulida, la lámina se debe limpiar y desengrasar, aplicando seguidamente una pintura base (wash primer o epoxipoliamida), para colocar finalmente una capa de esmalte sintético blanco.

Consideraciones adicionales

Cuando se use este material para señales verticales de destino, de información en ruta y señales elevadas, se deben elaborar en lámina calibre veinte (20) como mínimo. A los tableros de las señales elevadas, se les puede hacer dos (2) dobleces o pestañas de dos centímetros (2 cm) cada una, en sus cuatro (4) bordes, con el objeto de darle mayor rigidez. Los tableros deben ser montados sobre una estructura que garantice su estabilidad y rigidez, la cual debe ser fijada al sistema de soporte.

Material para postes y brazos de los postes

Se pueden utilizar distintos materiales y sistemas de soporte, siempre y cuando estos cuenten con el sustento técnico y/o ensayos de laboratorio certificados que demuestren que los mismos cumplen las condiciones descritas anteriormente o sistemas abatibles o quebradizos que no generen superficies cortantes o punzantes. Para los anteriores casos se debe contar con la previa autorización mediante resolución motivada emitida por el Ministerio de Transporte. En caso contrario se deben utilizar sistemas de soporte constituidos por poste monolítico y brazos, elaborados en perfil en ángulo de hierro de dos (2) pulgadas por dos (2) pulgadas por un cuarto (1/4) de pulgada, de espesor para el elemento vertical y un octavo (1/8) de pulgada de espesor para los elementos horizontales, con límite de fluencia mínimo de veinticinco kilogramos por milímetro cuadrado (25 kg/mm2) en todos los tipos de señales, el cual debe ser de primera clase, no se debe permitir hormigueo en ninguna parte de su longitud. También pueden ser fabricados en tubo galvanizado redondo o cuadrado, de dos (2) pulgadas y dos milímetros (2 mm) de espesor; en este

caso, todos los extremos expuestos deben estar sellados con su respectiva tapa metálica soldada en todo su perímetro para evitar la penetración de agua.

El perfil debe ser de primera clase, sin hormigueos en ninguna parte de su longitud; no se deben aceptar añadiduras ni traslapos en postes y brazos. El galvanizado se debe aplicar por inmersión en caliente, según las normas NTC 2076 (ASTM A153) y NTC 4011 (ASTM A653).

Se debe garantizar la rigidez de las láminas de los tableros correspondientes a las señales preventivas (SP), reglamentarias (SR), informativas de identificación, de información general, de servicios y turísticas (SI) y los delineadores, fijándolas a una cruceta formada entre el poste y sus brazos, los cuales deben formar un perfecto plano de apoyo para el tablero, el cual debe aislarse con materiales que eliminen el efecto rocío en la señal cuando esta en contacto con la lámina del tablero, en los casos que éstos se construyan con materiales que produzcan dicho efecto.

La soldadura del brazo debe ser con piquete o suplemento. En señales dobles, la rigidez se debe garantizar con dos (2) crucetas del mismo tipo citado anteriormente, debidamente soldadas.

Se deben adoptar medidas que dificulten el robo u otras acciones vandálicas que alteren la correcta posición de las señales. Entre otros se puede fijar el tablero de la señal con remaches, usar pernos con tuerca antivandálicas o doblar los pernos, aplicar soldadura o epóxico a los pernos para dificultar el robo de las señales. Además, los postes deben ser anclados en hormigón de suficiente resistencia para evitar el robo del sistema total. El sistema de soporte debe ser de color blanco y, su material, inoxidable o debe ser tratado con materiales anticorrosivos.

Todo elemento de fijación debe ser de un material inoxidable y que no manche el material de la señal.

En condiciones especiales, en donde no exista la distancia longitudinal suficiente que permita colocar dos (2) señales verticales individuales separadas, se pueden adosar hasta dos (2) tableros de señales verticales en un solo soporte; en tal caso, los dos (2) tableros deben ser del mismo tamaño sesenta, setenta y cinco, noventa o ciento veinte centímetros (60 cm, 75 cm, 90 cm o 120 cm). Cuando se instale una señal preventiva y una reglamentaria para una misma situación, la señal preventiva se debe adosar en la parte superior del soporte.

El sistema de soporte de las señales elevadas debe diseñarse estructuralmente de tal forma que se garantice su estabilidad ante todas las cargas a las que pueda estar sometida la estructura y acorde con el tamaño de los tableros. También, se debe garantizar la posición correcta de los tableros y, adicionalmente, que la estructura no represente un peligro grave al ser impactada por un vehículo. Estos elementos se deben diseñar acorde con las siguientes normas: AISC-360, AISC-303 y el Steel Construction Manual (AISC), involucrando las cargas y condiciones de impacto estipuladas por MASH-2 de la AASHTO.

Material para anclaje a la fundación

Los postes se deben diseñar con un anclaje en la parte inferior, soldado en forma de T, con ángulo de acero galvanizado de veinticinco milímetros (25 mm) por veinticinco milímetros (25 mm) por tres coma dieciocho milímetros (3,18 mm), con límite de fluencia mínimo de doscientos cincuenta megapasacales (250 MPa). En los casos donde así lo indique el diseño, se debe realizar el anclaje a la fundación conforme con lo indicado en los planos de diseño aprobados para el proyecto.

El galvanizado se debe aplicar por inmersión en caliente, según las normas NTC 2076 (ASTM A153) y NTC 4011 (ASTM A653).

Recubrimiento de los postes

Los postes, crucetas y anclajes galvanizados deben ser recubiertos con esmalte blanco.

Soldadura

Todos los procedimientos de soldadura se deben llevar a cabo por soldadores con calificación vigente en observancia de la norma AWS y siguiendo las especificaciones del artículo 650, Estructuras de acero. La soldadura se debe aplicar antes del galvanizado.

Dimensiones de los tableros

Se deben atender las disposiciones sobre las dimensiones de tableros mencionadas en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.

Dimensiones de los postes

Se deben atender todas las disposiciones sobre las dimensiones de los postes indicadas en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.

Material para el anclaje

Las señales se deben instalar en el piso en un anclaje de concreto simple cuya resistencia a la compresión a veintiocho días (28 d) sea, como mínimo, diecisiete megapascales (17 MPa) siguiendo las especificaciones del artículo 630, Concreto estructural.

Dentro del anclaje se debe aceptar la inclusión de dos (2) capas de cantos de diez centímetros (10 cm) de tamaño máximo, una superior y otra inferior, con el fin de dar rigidez a la señal instalada, mientras fragua el concreto.

Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, incluyendo:

- Hoyadoras agrícolas, barras de acero y palas.
- Llaves fijas o de expansión para tornillos.
- Martillo de tamaño tal que permita doblar los tornillos una vez apretadas las tuercas.
- Remachadora.

Ejecución de los trabajos

Ubicación de las señales

Las señales se deben instalar en los sitios que indiquen los planos del proyecto aprobados por el interventor, de conformidad con el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.

Se debe tener presente que todas las medidas deben ser realizadas por una comisión de topografía.

Excavación

El constructor debe efectuar una excavación cilíndrica para el anclaje de la señal, de veinticinco centímetros (25 cm) de diámetro y sesenta centímetros (60 cm) de profundidad.

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 solo se debe realizar en una profundidad de treinta centímetros (30 cm) pero el constructor debe, además, instalar una formaleta de la altura necesaria para que, al vaciar el concreto, la señal quede correctamente anclada y presente la altura especificada.

Anclaje de la señal

El anclaje se debe realizar rellenando la excavación con un concreto que presente las características indicadas en el numeral 710.2.9. También, se debe aceptar la inclusión de las capas de cantos a que hace referencia el mismo numeral.

Instalación de la señal

El constructor debe instalar la señal de manera que el poste presente absoluta verticalidad y que se obtenga la altura libre mínima indicada en los documentos del proyecto.

El tablero se debe fijar al poste mediante tornillos de dimensiones mínimas de ocho milímetros (8 mm) (5/16 de pulgada) por una (1) pulgada, rosca ordinaria, arandelas y tuercas, todo galvanizado por proceso de inmersión en caliente, a los cuales se les da golpes para dañar su rosca y evitar que puedan ser retirados fácilmente. Además, se deben instalar cuatro (4) remaches a diez centímetros (10 cm) de distancia, medidos desde los tornillos hacia el centro de la cruceta. También se pueden utilizar otros sistemas de aseguramiento que impidan el retiro del tornillo o elemento de fijación.

Consideraciones adicionales

Adicionalmente, se deben atender todas las disposiciones contenidas en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte y demás normas que lo complementen o sustituyan.

Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la instalación de señales de tránsito en instantes de lluvia, ni cuando haya agua retenida en la excavación o el fondo de esta se encuentre muy húmedo, por instrucciones del interventor.

Toda el agua retenida debe ser removida antes de efectuar el anclaje e instalar la señal.

Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la instalación de señales verticales de tránsito, deben realizarse teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Condiciones para el recibo de los trabajos

Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo utilizado por el constructor.
- Comprobar que todos los materiales cumplan los requisitos exigidos en el numeral 710.2.
- Efectuar mediciones de retrorreflectividad con un retrorreflectómetro que mida directamente los valores en las unidades candela/lux/m2, indicadas en la NTC 4739. La calibración de los equipos retrorreflectómetro se debe realizar mediante una placa calibradora vigente y en buen estado, generada por un laboratorio acreditado, de acuerdo con lo señalado en la norma ASTM E1709.
- Corroborar la correcta instalación de las señales, de acuerdo con este artículo.
- El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

La interventoría debe exigir al constructor, el certificado de conformidad expedido por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), o por un organismo de certificación de productos del país de origen, debidamente acreditado para certificar dichos materiales, aportado por las compañías fabricantes o lo que establezca la Superintendencia de Industria y Comercio en materia de evaluación de la conformidad. El certificado debe indicar que el producto se ha ensayado según los métodos de prueba definidos en la NTC 4739. El interventor debe contar y medir, para efectos de pago, las señales correctamente elaboradas e instaladas.

Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Calidad de los materiales

No se deben admitir tolerancias en relación con los requisitos establecidos en el numeral 710.2, para los diversos materiales que conforman las señales y su anclaje.

Excavación

La excavación no puede tener dimensiones inferiores a las establecidas en el numeral 710.4.2.

Inspección previa

Previo al recibo de las señales, el interventor debe hacer una inspección en horas nocturnas, con la ayuda de una linterna apoyada en la frente, con la cual se debe iluminar la señal percibiendo su calidad y detectando zonas que no reflactan.

Instalación

Las señales verticales de tránsito únicamente se deben aceptar si su instalación está en un todo de acuerdo con las indicaciones de los planos, del interventor y de lo señalado en el presente artículo. Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deben ser subsanadas por el constructor bajo su propia cuenta y riesgo, y aprobadas por el interventor.

Medida

Las señales verticales de tránsito se deben medir por unidad (u), suministrada e instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y este artículo, aprobada por el interventor.

Las señales de tránsito que hayan sido contratadas por metro cuadrado (m2), se deben pagar según esta unidad de medida aproximada a la centésima de metro cuadrado del área reflectiva del tablero de la señal suministrada e instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y este artículo, aprobadas por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Forma de pago

El pago de las señales verticales de tránsito se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aprobado por el interventor. El precio unitario debe cubrir los costos de todos los materiales que conforman la señal, su fabricación, desperdicios, almacenamiento, transporte e instalación; las mediciones topográficas requeridas, la excavación, el transporte y disposición en los sitios que defina el interventor de los materiales excavados; el suministro y la colocación de los cantos, el concreto y las formaletas que eventualmente se requieren para el anclaje, así como todo costo adicional necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación. El precio unitario debe incluir también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Ítem de pago

Señal vertical de tránsito tipo (SP, SI, SR u otros dispositivos para regulación del tránsito), dimensiones (60, 75, 90 o 120), con lámina retrorreflectiva tipo, unidad: und

Señal vertical de tránsito tipo (SP, SI, SR u otros dispositivos para regulación del tránsito), con lámina retrorreflectiva tipo, unidad: Metro cuadrado (m2)

9.12. Demarcación de línea de 0.10 m de ancho para división de carril y borde de vía, para vía vehicular en pintura acrilica para tráfico. Incluye dos manos de pintura para un buen acabado, se mide en sitio.

Unidad de medida: m

Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y aplicación de pintura de tráfico o resina termoplástica de aplicación en caliente, retrorreflectiva con microesferas de vidrio y/o cerámicas para líneas y marcas viales sobre un pavimento, de acuerdo con las dimensiones y los colores que indiquen los documentos del proyecto.

Materiales

Se pueden utilizar pinturas de aplicación en frio, resinas termoplásticas, materiales prefabricados de larga duración o plásticos de dos (2) componentes de aplicación en frio que cumplan los requisitos de la NTC 1360. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, la selección del material por utilizar para un caso especifico se debe hacer de acuerdo con el criterio descrito en el numeral 700.4.1.

Pintura de aplicación en frío

La pintura se clasifica en tres (3) grupos: (i) a base de agua; (ii) a base de solventes y (iii) porcentaje de sólidos del cien por ciento (100 %).

El agua utilizada para la disolución de la pintura debe poseer las condiciones mínimas especificadas por el fabricante; los solventes empleados en pinturas deben cumplir con la cantidad máxima indicada en la NTC 1102 de benceno, metanol y compuestos organoclorados; para la resina utilizada el fabricante debe presentar un espectro infrarrojo de la pintura, en los casos que se solicite, cumpliendo lo indicado en la NTC 1360.

Todo envase de pintura se debe rotular según los requerimientos mínimos de la NTC 1360.

Características de la pintura líquida

- ***Color y estabilidad***

Blanco o amarillo, que cumplan los requerimientos de color y patrones indicados en la NTC 1360 o en la Tabla 700 – 1.

Característica	Color	
	Amarillo	Blanco
L	72 a 82	≥ 90
A	18 a 27	0 a -2,2
b	74 a 86	0 a 5

El cambio de color ΔE debe ser, para pinturas blancas, menor o igual a seis unidades CIELAB (ΔE ≤ 6) y, para pinturas amarillas, menor o igual a diez unidades CIELAB (ΔE ≤10), cuando el tiempo de ensayo sea de trescientas horas (300 h). La medición del color se debe efectuar de acuerdo con la norma ASTM D1535; la determinación de la estabilidad del color después de realizar el ensayo se debe hacer con base en la norma ASTM G154 y la diferencia de color se debe calcular con la norma ASTM D2244.

- ***Composición***

1. Pigmento: entre cincuenta y sesenta por ciento (50 % y 60 %), en masa.
2. Agentes de unión: entre cuarenta y cincuenta por ciento (40 % y 50 %), en masa.
3. Ligante: copolímero acrílico de bajo peso molecular y liberación rápida de solventes.

Se pueden emplear otras composiciones, siempre y cuando las pinturas acabadas cumplan las exigencias de la presente especificación.

- ***Tiempo de secado***

1. Al tráfico: máximo treinta minutos (30 min), sin transferencia de pintura a ninguna de las llantas de un vehículo.
2. No "pick up": tiempo menor o igual a quince minutos (15 min) para una capa de quince más o menos cero coma cinco mils (15 mils ± 0,5 mils) de espesor a una temperatura de veintitrés más o menos dos grados Celsius (23 °C ± 2 °C) y una humedad relativa de cincuenta más o menos cinco por ciento (50 % ± 5 %).

Se considera tiempo de secado no "pick up" cuando una película de pintura ha llegado a una fase donde no se adhiere a la cubierta de un neumático que pase sobre ella; el ensayo se debe hacer de acuerdo con el método de la NTC 5734.

- ***Viscosidad***

Debe estar comprendida entre setenta y cinco y noventa y cinco unidades Krebs (75 y 95 KU), a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25 °C). Esta determinación se hace con base en la NTC 559.

- ***Contenido de agua***

Para pinturas a base de solventes diferente al agua, no mayor del cero coma cinco por ciento (0,5 %), en masa, para pinturas en disolución.

- ***Masa unitaria***

La masa unitaria de la pintura a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25 °C) debe corresponder a la indicada por el fabricante, y su variación debe estar sujeta a los rangos de la NTC 561.

- ***Conservación en el envase.***

La pintura seleccionada para homologación, al cabo de seis (6) meses de la fecha de fabricación, habiendo permanecido al interior y con temperatura entre cinco y treinta y cinco grados Celsius (5 °C y 35 °C), no debe presentar

sedimentación excesiva en envase lleno y recientemente abierto. Se debe poder dispersar a un estado homogéneo por agitación con espátula. después de lo cual no debe presentar coágulos, natas, depósitos duros, ni separación de color. En todo cuñete o envase de pintura debe aparecer la marca del fabricante y la fecha de producción. No se pueden aplicar pinturas con más de un (1) año de elaboración o sin etiqueta de fecha de producción.

- ***Estabilidad en envase lleno***

La pintura no debe aumentar su consistencia o viscosidad; debe estar dentro del rango de sesenta y ocho y ciento cinco unidades Krebs (68 y 105 KU) medida a la temperatura de veinticinco grados Celsius (25 °C), para pinturas a base de agua, en más de cinco unidades Krebs (5 KU), para pinturas a base de solventes y para pinturas sin solvente, plástico en frío, no se debe presentar un cambio mayor del cinco por ciento (5 %) en la viscosidad, respecto de la definida por el fabricante ni tener problemas de inestabilidad cuando se ensaye, de acuerdo con lo establecido en la NTC 1360.

El ensayo que se debe utilizar para evaluar esta variación, es el indicado en la norma ASTM D1849.

- ***Estabilidad a la dilución***

La pintura debe permanecer estable y homogénea, sin originar coagulaciones ni precipitados, cuando se diluya una muestra de ochenta y cinco centímetros cúbicos (85 cm3) de la misma con quince centímetros cúbicos (15 cm3) de toluol o del disolvente indicado por el fabricante, si explícitamente este así lo indica.

Los ensayos de estabilidad se deben realizar según la norma MELC 12.77.

- ***Propiedades de aplicación***

La pintura debe ser formulada y procesada específicamente para ser usada como ligante de microesferas, en tal forma que se produzca el máximo de adhesión, refracción y reflexión.

Cualquier acción capilar de la pintura, debe ser lo suficientemente pequeña para que no produzca cubrimiento total de las esferas de mayor tamaño.

Según la norma MELC 12.03, la pintura debe ser de aplicación fácil y uniforme mediante equipos mecánicos de demarcación y debe tener excelentes propiedades de cubrimiento.

- ***Finura***

La pintura debe ser bien mezclada durante el periodo de manufactura y los pigmentos que se incorporen adecuadamente pulverizados, con una finura de dispersión de tres (3) unidades Hegman, con base en la NTC 557.

- ***Contenido de dióxido de titanio***

La pintura de color blanco debe tener, como mínimo, un diez por ciento (10 %) de contenido en masa de pigmento de dióxido de titanio, determinado según la NTC 1323. El porcentaje en masa de dióxido de titanio no debe diferir en más de dos por ciento (± 2 %) del valor indicado por el fabricante.

- ***Contenido en sólidos (materia no volátil)***

El porcentaje en volumen o masa de materia no volátil, no puede ser menor de lo indicado en la Tabla 700 – 2. La determinación se debe realizar con base en las normas NTC 1786 y NTC 1227, respectivamente. El porcentaje en masa de materia no volátil, no puede diferir en más de dos por ciento (± 2 %) del valor indicado por el fabricante.

Pintura	Contenido de sólidos en volumen (vol/vol)	Contenido de sólidos en masa (masa/masa)
Base de agua, mínimo (%)	60	70
Base solvente, mínimo (%)	50	60
Sin solvente - Plástico en frío, mínimo (%)	98	-
Norma de ensayo	NTC 1786	NTC 1227

- ***Contenido en ligante***

Realizado el ensayo según la norma UNE 48238, el porcentaje en masa de ligante no puede diferir en más de dos por ciento (± 2 %) del valor indicado por el fabricante.

Características de la pintura seca

- ***Aspecto***

Después de aplicada la pintura en una lámina de vidrio y dejándola secar durante veinticuatro horas (24 h) a veinte más o menos dos grados Celsius (20 °C ± 2 °C) y sesenta más o menos cinco por ciento (60 % ± 5 %) de humedad relativa, debe tener aspecto uniforme, sin granos, ni desigualdades en el tono del color y con brillo satinado (cáscara de huevo).

- ***Color***

Al secarse sobre la superficie de un pavimento, la pintura no se debe oscurecer con la acción del sol, ni presentar decoloración apreciable con el tiempo.

Una película delgada de pintura, esparcida en una placa de vidrio y dejada secar completamente, no se debe oscurecer ni tampoco decolorar cuando se someta a la acción de los rayos ultravioleta por un periodo de sesenta minutos (60 min).

- ***Flexibilidad***

La pintura, aplicada en espesor de cero coma cero ocho milímetros (0,08 mm), no debe presentar desprendimiento ni agrietamiento al doblar la muestra sobre un eje de nueve coma cinco milímetros (9,5 mm) de diámetro, veinticuatro horas (24 h) después de aplicada y mantenida en este lapso de manera horizontal a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25 °C) y una humedad relativa de cincuenta por ciento (50 %).

- ***Adherencia***

Al secarse sobre el pavimento de una vía, cuarenta y ocho horas (48 h) después de aplicada, la pintura debe constituir una capa con fuerte adherencia, sin desprenderse cuando se trate de levantar con la uña.

- ***Sangrado***

La relación de contraste debe ser mínimo de cero coma nueve (0,9) y el ensayo se debe hacer de acuerdo con la norma ASTM D868.

- ***Resistencia a la inmersión en agua***

Al preparar una muestra de pintura, con base en la norma ASTM D870 y después de veinticuatro horas (24 h) de inmersión a temperatura ambiente, esta no debe reblandecerse (NTC 5252), ampollarse (NTC 1457-3), arrugarse, perder adhesión (NTC 811), cambiar de color (ASTM D2616) o mostrar cualquier evidencia de deterioro.

- ***Resistencia a los álcalis***

Al aplicar la pintura con un espesor de película seca de cero coma quince milímetros (0,15 mm), sobre una placa de metacrilato preparada adecuadamente para tal efecto, se debe poner a secar a temperatura ambiente y, posteriormente, colocarla en una solución saturada de hidróxido de sodio. Después de cuarenta y ocho horas (48 h) de inmersión a una temperatura de cuarenta y cinco grados Celsius (45 °C), no puede presentar cuarteamiento, ampollamiento, perforaciones diminutas (punta de alfiler), desprendimientos, arrugas, ni decoloración, de acuerdo con lo indicado en la NTC 1360.

- ***Resistencia a la abrasión***

Se debe efectuar de acuerdo con lo señalado en la NTC 1360, para una capa de pintura húmeda, que debe resistir al secarse, como mínimo, la caída libre de cien decímetros cúbicos (100 dm3) para pinturas a base de agua, ochenta decímetros cúbicos (80 dm3) para pinturas a base solvente y doscientos decímetros cúbicos (200 dm3) para pintura sin solvente - plástico en frío.

Resina termoplástica

Color

Blanco o amarillo, definidos por las coordenadas cromáticas del Sistema Colorimétrico Estándar CIE 1931, según la Tabla 700 – 3.

Color	Coordenadas cromáticas								Factor de luminancia	
	1		2		3		4		Demarcación	Laboratorio
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
Blanco	0,355	0,355	0,305	0,305	0,285	0,325	0,335	0,375	> 0,40	> 84
Amarillo	0,443	0,399	0,545	0,455	0,465	0,535	0,389	0,431	> 0,20	> 40

Composición

La composición de las resinas termoplásticas blanca y amarilla debe cumplir lo relacionado en la Tabla 700 – 4.

Elemento	Color	
	Blanco	Amarillo
Ligante	≥ 18 %	≥ 18 %
Dióxido de titanio	≥ 10 %	-
Microesferas de vidrio	30 % a 40%	30 % a 40 %
Carbonato de calcio y rellenos inertes	≤ 42 %	(Nota)
Pigmento amarillo	0	≥ 4 %

Nota: la cantidad de pigmento amarillo, carbonato de calcio y rellenos inertes depende del fabricante, siempre que se cumplan los requisitos de la NTC 5867.

Masa unitaria

La masa unitaria del material, después de su fusión, debe ser de dos más o menos cero coma dos kilogramos por litro (2 kg/L ± 0,2 kg/L). La determinación se debe hacer de acuerdo con la norma ASTM D70.

Punto de ablandamiento

El punto de ablandamiento, determinado por el método de anillo y bola según la norma INV E-712, no debe ser inferior a ciento cinco grados Celsius (105 °C).

Resistencia al flujo

La disminución en la altura del cono de material termoplástico, luego de haber sido sometido a una temperatura de sesenta más o menos dos grados Celsius (60 °C ± 2 °C) durante veinticuatro horas (24 h), no debe ser mayor del dos por ciento (2 %), según la norma UNE 135223.

Temperatura de inflamación

El material termoplástico se debe fundir en un baño de aceite a ciento ochenta grados Celsius (180 °C), homogeneizándolo mediante agitación durante al menos dos horas (2 h). Una vez lograda la perfecta homogeneidad y fluidez de la muestra, se debe verter en el vaso abierto de Cleveland de manera que la parte inferior de su menisco quede a un centímetro (1 cm) de la marca de llenado, con el fin de prevenir desbordamientos del material durante el posterior calentamiento en la realización del ensayo. Si se añade un exceso de muestra, se puede eliminar con una espátula o cucharilla en caliente.

Realizado el ensayo en el vaso abierto de Cleveland, acorde con las normas INV E-709, NTC 5009 (UNE 104281 o ASTM D92), la temperatura de inflamación no debe ser inferior a doscientos cincuenta grados Celsius (250 °C).

Factor de luminancia

Empleando un observador patrón 2°, una geometría de medida de cuarenta y cinco (45/O) y una fuente de luz de distribución espectral como la dada por el iluminante D65, el valor del factor de luminancia (B) debe ser al menos de cero coma ochenta (0,80) para el color blanco y cero coma cuarenta (0,40) para el color amarillo (norma ASTM E1347).

Estabilidad al calor

mantener el material a una temperatura de doscientos más o menos dos grados Celsius (200 °C ± 2 °C) durante seis horas (6 h) con agitación continua, no debe variar en más de cero coma cero tres (0,03) (norma BS EN 1871:2020).

Envejecimiento artificial acelerado

Se preparan dos (2) probetas aplicando una película de material mediante un extendedor adecuado, a un rendimiento aproximado de dos mil seiscientos gramos por metro cuadrado (2 600 g/m²), sobre un recipiente de aluminio de ciento cincuenta milímetros (150 mm) por setenta y cinco milímetros (75 mm), por seiscientos veinticinco milímetros (625 mm), previamente desengrasado con disolvente; se dejan secar durante siete días (7 d), en posición horizontal a una temperatura de veintitrés más o menos cinco grados Celsius (23 °C ± 5 °C) y cincuenta más o menos cinco por ciento (50 % ± 5 %) de humedad relativa, protegidas de la radiación solar y del polvo, midiéndose inmediatamente, antes de comenzar este ensayo, su color y factor de luminancia sobre la superficie exterior de la película (norma ASTM G154). Realizado el ensayo durante ciento sesenta y ocho horas (168 h), en ciclos de ocho horas (8 h) de radiación UV de longitud de onda comprendida entre doscientos ochenta nanómetros (280 nm) y trescientos diez y seis nanómetros (316 nm) a sesenta más o menos tres grados Celsius (60 °C ± 3 °C) y cuatro horas (4 h) de condensación a cincuenta más o menos dos grados Celsius (50 °C ± 2 °C), no se debe producir un aumento o una disminución en el factor de luminancia superior a cero coma cero cinco (0,05) respecto del valor original. Por otra parte, el material aplicado después del ensayo y observado dos horas (2 h) después de su aplicación, no debe presentar defecto superficial alguno (norma ASTM D4587).

Resistencia a la abrasión

Aplicado el material con un rendimiento tal que permita obtener un espesor de un milímetro (1 mm) y ensayada la muestra con un abrasímetro Taber con ruedas calibradas tipo H-22, con una masa de quinientos gramos (500 g) y en húmedo, no se debe producir una pérdida de masa mayor de doscientos cincuenta miligramos (250 mg) al cabo de cien (100) revoluciones.

Microesfera de vidrio

Características

- ***Naturaleza***

La microesfera de vidrio debe ser de tal naturaleza que permita su incorporación a la pintura inmediatamente después de aplicada, de modo que su superficie se pueda adherir firmemente a la película de pintura y su retrorreflexión sea satisfactoria para las líneas y demás marcas viales

- ***Microesferas defectuosas***

Las microesferas deben ser transparentes, sin color apreciable, suaves, bien redondeadas, no deben contener nubes o aspecto lechoso ni burbujas de aire que puedan afectar su funcionamiento.

El porcentaje ponderado de microesferas de vidrio defectuosa debe ser como máximo del dos por ciento (2 %) para las microesferas cuyo diámetro sea inferior a un milímetro (1 mm) y del treinta por ciento (30 %) para las microesferas cuyo diámetro sea igual o superior a un milímetro (1 mm), siempre que el porcentaje de granos y de partículas extrañas sea como máximo del tres por ciento (3 %) en ambos casos.

Después de someterse a los ensayos de la NTC 2072, las microesferas de vidrio que presenten alteraciones deben considerarse como defectuosas.

- ***Clasificación***

De acuerdo con su tamaño e índice de refracción, las microesferas de vidrio se clasifican en:

Tipo I: de bajo índice de refracción de vidrio reciclado.

Tipo III: de índice de refracción alto.

Tipo IV: de índice de refracción bajo, vidrio fundido directo.

- ***Composición***

Las microesferas de vidrio Tipo I, deben estar fabricadas completamente de fragmentos de vidrio recuperados mediante el proceso de pulido al fuego y contener máximo el sesenta por ciento (60 %) de sílice.

Las microesferas de vidrio Tipo III, deben estar fabricadas en un material tal, que cumpla con los requisitos de la NTC 2072.

Las microesferas de vidrio Tipo IV, deben estar fabricadas mediante el proceso de fundición directa del vidrio con un material tal que observe los requisitos de la NTC 2072. No deben contener residuos visibles de carbón.

- ***Índice de refracción***

El índice de refracción de las microesferas de vidrio se debe determinar usando el método de inmersión en líquido con una fuente de luz blanca, a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25 °C).

Las microesferas Tipo I y Tipo IV, deben tener un índice de refracción entre uno coma cincuenta y uno coma cincuenta y cinco (1,50 y 1,55) y para microesferas Tipo III, el índice debe estar en el rango entre uno coma noventa y uno coma noventa y tres (1,90 y 1,93). La medición se debe hacer con acatamiento de la NTC 2072.

- ***Densidad***

La densidad de las microesferas de vidrio Tipo I y Tipo IV debe estar en el rango entre dos coma tres y dos coma seis gramos sobre centímetro cúbico (2,3 g/cm3 y 2,6 g/cm3), y para microesferas de vidrio Tipo III, estar en el rango entre

cuatro y cuatro coma cinco gramos sobre 3 3 centímetro cúbico (4 g/cm y 4,5 g/cm), en observancia de lo especificado en la NTC 2072.

- ***Granulometría***

La granulometría de las microesferas de vidrio debe estar dentro de los límites dados en la Tabla 700 – 5.

Si los documentos del proyecto así lo consideran, o si el constructor propone una granulometría particular para obtener los valores de reflectividad exigidos, se puede emplear una granulometría diferente con la autorización del interventor, previa realización de los análisis de resultados de pruebas de campo y laboratorio.

Tamiz		Tipo I				Tipo III		Tipo IV			
Tamiz U.S. (ASTM E11-NTC 32	Tamiz ISO 565 R40/3, Micrones	A Gruesa-posmezclado		B Fina-premezclado		posmezclado		A Grande y gruesa - posmezclado		B Medio gruesa-posmezclado	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
12	1 700	-	-	-	-	-	-	100	-	100	-
14	1 400	-	-	-	-	-	-	95	100	-	-
16	1 180	-	-	-	-	100	-	80	95	95	100
18	1 000	-	-	-	-	-	-	10	40	-	-
20	850	100	-	-	-	95	100	0	5	35	70
30	600	80	100	-	-	55	75	-	-	0	5
40	425	-	-	-	-	15	35	-	-	-	-
50	300	18	35	-	-	0	5	-	-	-	-
70	212	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-
80	180	-	-	85	100	-	-	-	-	-	-
100	150	0	10	-	-	-	-	-	-	-	-
140	106	-	-	15	55	-	-	-	-	-	-
200	75	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-
230	63	-	-	0	10	-	-	-	-	-	-

Nota: las microesferas Tipo I, se clasifican en: Grado A (tamaño grueso para sembrado, posmezclado) y Grado B (tamaño fino premezclado) y las microesferas Tipo IV, se clasifican en: Grado A (Tamaño grueso para sembrado, posmezclado) y Grado B (tamaño fino para sembrado, posmezclado).

- ***Resistencia a la fractura***

La microesfera de vidrio debe presentar una resistencia mínima a la fractura, así:

1. Para las microesferas de vidrio retenidas en el tamiz de 0,600 mm (nro. 30): ciento setenta y ocho newton (178 N).
2. Para las microesferas que pasen el tamiz de 0,600 mm (nro. 30) y que queden retenidas en el tamiz de 0,425 mm (nro. 40): ciento treinta y tres coma cinco newton (133,5 N).

- ***Resistencia a la humedad***

Las microesferas deben fluir libremente al ser ensayadas con el siguiente procedimiento: en un vaso de precipitado de quinientos centímetros cúbicos (500 cm3) se colocan cien gramos (100 g) de microesferas de vidrio, luego se adiciona un volumen equivalente de agua agregada de tal forma que la parte superior de las microesferas sea humedecida; se deja en reposo durante cinco minutos (5 min). Después de este periodo, se transfieren las microesferas de vidrio a un vaso de precipitados limpio y seco y se dejan en reposo durante cinco minutos (5 min); pasado este tiempo, se vierten las microesferas en un embudo de doce coma cinco centímetros (12,5 cm) de diámetro con un vástago de diez centímetros (10 cm) de longitud; las microesferas deben fluir a través del embudo sin interrupción (es permitida una agitación inicial suave para iniciar el flujo), todo ajustado a la NTC 2072.

- ***Embalaje e identificación***

Las microesferas de vidrio se deben empacar en lotes como lo haya especificado el proveedor y en recipientes impermeables de material adecuado que permitan conservar la calidad del producto. En el empaque/envase o en el rótulo adherido firmemente a este, se debe indicar:

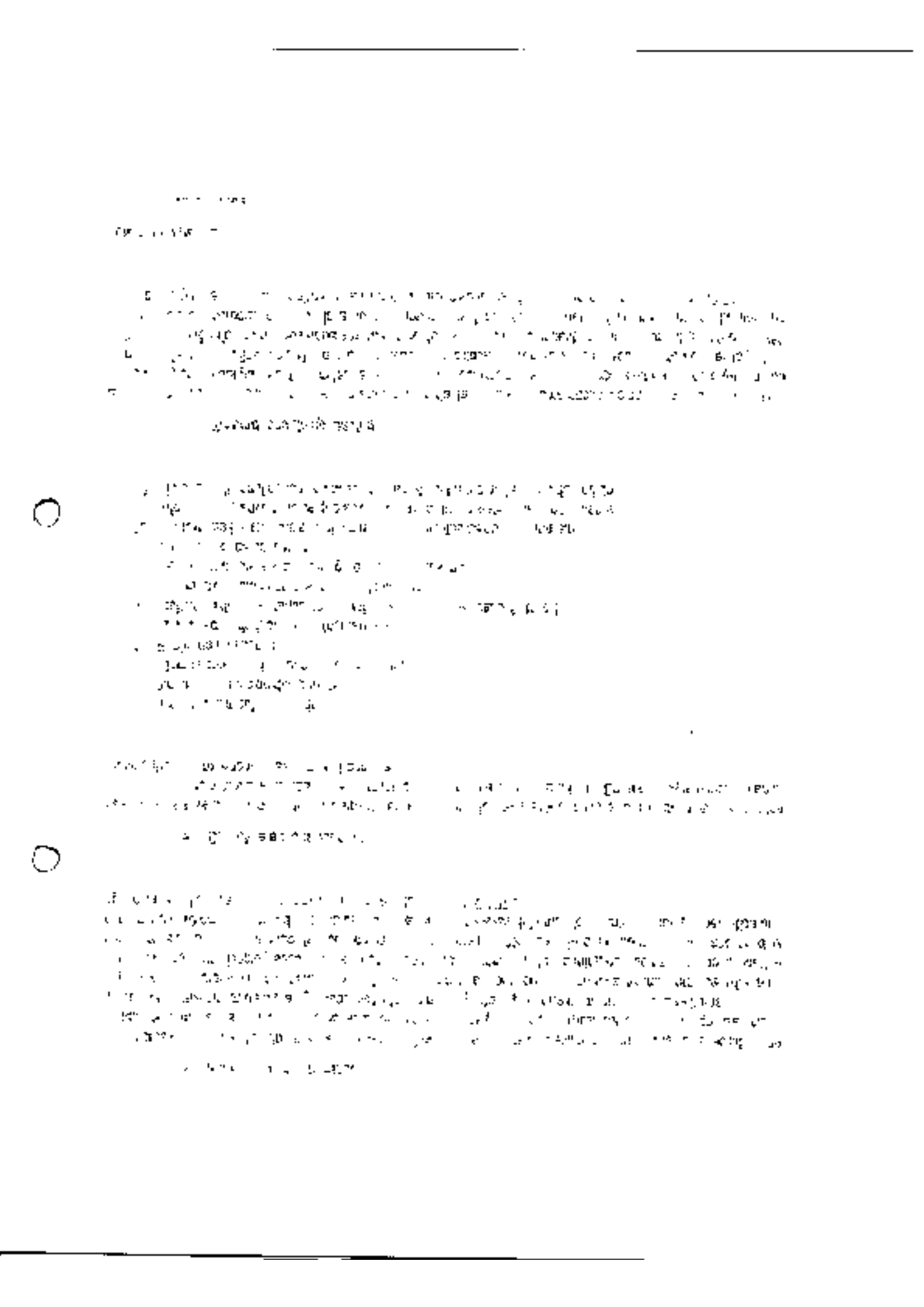
1. Tipo de microesfera de vidrio.
2. Nombre y dirección del fabricante.
3. Marca comercial de fábrica y su ubicación.
4. Fecha de fabricación.
5. Identificación de fabricación (número de lote).
6. Indicación de los tratamientos químicos especiales, en caso de tenerlos.
7. Cantidad contenida en el saco, en kilogramos.
8. Recomendaciones sobre bodegaje y arrume máximo.
9. Sugerencias de aplicación.
10. Abertura de los tamices superior e inferior nominales de su granulometría.
11. Información y advertencias que se requieran por la legislación nacional vigente.
12. Marcado adicional según se especifique en el contrato o en la orden de pedido.

- ***Propiedades de aplicación***

En caso de aplicación de la microesfera de vidrio sembrada, la pintura de demarcación de pavimentos se debe aplicar sobre la superficie del pavimento, empleando como mínimo cuatrocientos gramos sobre metro cuadrado (400 g/m2) de microesfera; si la aplicación de las microesferas es premezclada, la proporción de microesfera de vidrio en la pintura para demarcación de pavimentos debe ser de doscientos a doscientos cincuenta gramos sobre litro (200 g/L a 250 g/L) y se debe incorporar antes de la aplicación; las microesferas de vidrio deben fluir libremente de la máquina dosificadora y la retrorreflexión debe ser satisfactoria para la señalización, de acuerdo con el numeral 700.5.2.3.

Óptica compuesta

Características



- ***Naturaleza***

La óptica compuesta debe ser de tal naturaleza que permita su incorporación a la pintura inmediatamente después de aplicada, de modo que su superficie se pueda adherir firmemente a la película de pintura y su retrorreflexión sea satisfactoria para las líneas y demás marcas viales.

- ***Composición***

La óptica compuesta es una partícula retrorreflectante multicomponente conformada por un núcleo pigmentado (típicamente blanco o amarillo), combinado con microesferas de vidrio o microesferas cerámicas muy pequeñas. Los elementos compuestos no deben fabricarse con materiales que se sepa contienen trazas de plomo, cromo o arsénico.

- ***Índice de refracción***

Los elementos compuestos deben tener un índice de refracción entre uno coma nueve y dos coma cuatro (1,9 y 2,4) cuando se prueben utilizando el método de inmersión en aceite líquido, con base en lo establecido en la norma ASTM D7942.

- ***Granulometría***

La granulometría debe estar dada por el fabricante de la óptica compuesta.

- ***Embalaje e identificación***

El material de óptica compuesta se debe empacar en lotes como lo haya especificado el proveedor y en recipientes impermeables de material adecuado que permitan conservar la calidad del producto. En el empaque/envase o en el rótulo adherido firmemente a este, se debe indicar:

1. Tipo de elemento.
2. Nombre y dirección del fabricante.
3. Marca comercial de fábrica y su ubicación.
4. Fecha de fabricación.
5. Identificación de fabricación (número de lote).
6. Indicación de los tratamientos químicos especiales, en caso de tenerlos.
7. Cantidad contenida en el saco, en kilogramos.
8. Recomendaciones sobre bodegaje y arrume máximo.
9. Sugerencias de aplicación.
10. Información y advertencias que se requieran por la legislación nacional vigente.
11. Marcado adicional según se especifique en el contrato o en la orden de pedido.

- ***Propiedades de aplicación***

La dosificación mínima de la óptica compuesta debe estar en observancia de las especificaciones del fabricante y en concordancia con la norma ASTM D7942; la óptica compuesta debe fluir libremente de la máquina dosificadora y la retrorreflexión debe ser satisfactoria para la señalización, según el numeral 700.5.2.3.

Otros tipos de materiales

Los requisitos sobre características, dosificación, instalación o ejecución de los trabajos, control y recibo de otros tipos de materiales como plásticos en frío y cintas preformadas empleados en la demarcación de calles y carreteras, son los establecidos en las normas NTC 4744-1, NTC 4744-2, NTC 4744-3, NTC 4744-4 o normas que apliquen en cada caso específico y deben ser objeto de una especificación particular.

Equipo

La pintura de líneas y la elaboración de marcas viales, se deben realizar con un equipo que cumpla lo especificado en la NTC 4744-2 en lo referente a este particular y en cada uno de sus puntos.

Se debe disponer, además, de un camión con capacidad igual o superior a cinco toneladas (5 t), adecuado para el transporte de los materiales hasta los frentes de trabajo, lo mismo que las señales verticales de tránsito, conos y barricadas necesarias para informar a los usuarios sobre el cierre de la vía o para restringir la velocidad de circulación cuando se pinta con vía abierta.

Ejecución de los trabajos

Selección del material de demarcación por utilizar

Para seleccionar la clase de material de <demarcación vial por aplicar, se debe llevar a cabo el procedimiento establecido en la NTC 4744-1, a partir de las características específicas del proyecto (situación de la demarcación vial, textura superficial del pavimento, tipo de vía, ancho de carril y tránsito promedio diario (TPD)).

Preparación de la superficie

Antes de aplicar la demarcación, debe inspeccionarse el pavimento, con el fin de comprobar su estado superficial y posibles defectos existentes, para así determinar el sistema de demarcación por realizar.

La superficie que va a recibir el material de demarcación debe estar seca y libre de polvo, grasa, aceite y otras sustancias extrañas que afecten la adherencia del recubrimiento. La limpieza se debe efectuar por cualquier procedimiento que resulte aceptable para el interventor.

Cabe anotar que los materiales cementantes que impidan la adherencia, deben ser retirados mediante el lavado de la superficie.

Las superficies de hormigón nuevas y los agregados expuestos se deben someter a un tratamiento con materiales compatibles con el producto que se va a aplicar, según las recomendaciones del fabricante, con el fin de garantizar la adherencia, previa eliminación de todos los materiales empleados en el proceso de curado del hormigón.

Para garantizar contraste entre la superficie del hormigón y la demarcación vial, debe emplearse una línea negra adyacente a la de demarcación, de ancho igual a un cuarto (1/4) del ancho de la línea, excepto para marcas viales donde se implementan líneas negras de ancho igual a cincuenta milímetros (50 mm). Esto es válido tanto para aplicaciones por primera vez, como para aplicaciones de repintado.

La demarcación que se aplique debe ser compatible con la superficie de rodadura y debe presentar buena adherencia; en caso contrario, se debe efectuar el tratamiento superficial. Se deben tener en cuenta los criterios de compatibilidad entre los componentes del material de demarcación y la superficie de rodadura, definidos por su fabricante.

Si la superficie presenta defectos o huecos notables, se deben corregir los primeros y rellenar los segundos con materiales de la misma naturaleza que los de la superficie, antes de proceder a la aplicación de la pintura.

Previo al inicio de las operaciones de demarcación, el constructor debe efectuar un cuidadoso replanteo que garantice con los medios de demarcación que disponga, una perfecta terminación. En caso de no tener un mejor sistema de referencia, se debe crear una guía de referencia con puntos de treinta milímetros (30 mm) de diámetro espaciados preferiblemente cada cero coma cincuenta metros (0,50 m) y máximo entre cinco y diez metros (5 m y 10 m), en curva y recta respectivamente, los cuales se realizan con la misma pintura con la que se ejecuta el trabajo.

Cuando la demarcación vaya a ser aplicada sobre superficies previamente pintadas o demarcadas, el constructor debe establecer el tipo de tratamiento a ejecutar sobre ellas para garantizar la adherencia con el material nuevo, según lo determinado en la NTC 4744-4, el cual se debe someter a estudio y aceptación por parte del interventor. Si es necesario retirar la pintura o cualquier otro material antiguo, estos deben ser raspados o fresados por un medio aprobado por el interventor, barriéndose a continuación el material desprendido.

En el caso de los pavimentos de concreto, si el factor de luminancia del pavimento fuese superior a cero coma quince (0,15), evaluado de acuerdo con la norma UNE-EN 1436, se debe rebordear la línea por aplicar con un material apropiado de color negro, a ambos lados y con un ancho aproximadamente igual a la mitad (1/2) del correspondiente a la línea de demarcación.

Dosificación

Pintura de aplicación en frío

La pintura se debe aplicar longitudinalmente a lo largo de la vía, en un ancho de doce centímetros (12 cm), con un espesor húmedo entre veinte y treinta mils (20 mils – 30 mils), de acuerdo con la clasificación de pinturas establecida en la NTC 1360; en caso de aplicación de la microesfera de vidrio sembrada, la pintura de demarcación de pavimentos se debe aplicar sobre la superficie del pavimento, empleando como mínimo cuatrocientos gramos sobre metro cuadrado (400 g/m2) de microesfera; si la aplicación de las microesferas es premezclada, la proporción de microesfera de vidrio en la pintura para demarcación de pavimentos debe ser de doscientos a doscientos cincuenta gramos sobre litro (200 g/L a 250 g/L) y se debe incorporar antes de la aplicación.

El constructor debe someter a estudio y aprobación del interventor el sistema de aplicación de las microesferas de vidrio; estas pueden aplicarse a presión o por gravedad, teniendo en cuenta que la contracción que se presenta en el ancho de la lámina de la microesfera, cuando se aplica de la segunda forma, no sea menor que el ancho de la línea a demarcar, que la cantidad de microesfera sea homogénea en todo el ancho de la línea, que en ningún momento haya deficiencia en los extremos ni exceso en la parte central de la línea y que, cuando se aplica línea intermitente, caigan microesferas en toda la longitud de ella.

Cuando las microesferas se aplican a presión, se debe regular la fuerza del compresor de manera tal que quede la mayor cantidad de este producto atrapada sobre la pintura húmeda.

Resina termoplástica

La resina termoplástica se debe aplicar longitudinalmente a lo largo de la vía por extrusión o pulverización, con un espesor seco de dos coma tres milímetros o noventa mils (2,3 mm o 90 mils), para extrusión y de uno coma cinco milímetros o sesenta mils (1,5 mm o 60 mils) por pulverización, en relación con lo establecido en la NTC 4744-4; las microesferas se deben aplicar a razón de cuatrocientos gramos por metro cuadrado (400 g/m2) de resina termoplástica aplicada. Esta dosificación varía proporcionalmente de acuerdo con el ancho de la línea y el espesor de la película.

Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

Cuando se aplique la demarcación de pintura blanca en líneas de borde de calzada puede requerirse el cierre parcial de la vía, según las condiciones de la aplicación. El vehículo debe ir en el mismo sentido de circulación del tráfico. Una vez aplicada la línea, se debe proteger con conos u otros dispositivos de señalización durante el tiempo de secado, antes de dar al servicio la vía. Para la aplicación de líneas amarillas, se debe cerrar totalmente la vía en calzadas únicas bidireccionales. No se debe efectuar la demarcación en contravía bajo estas condiciones de circulación.

Cuando el volumen de tránsito es superior a mil (> 1 000) vehículos por día y se va a restringir la circulación, se deben programar, en coordinación con la Oficina de Comunicaciones del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), cierres máximos de dos horas (2 h) con intermedios de una hora (1 h) de circulación normal e informar por medios de comunicación hablados y escritos sobre esta situación, tres días (3 d) hábiles antes de iniciar las labores.

Aplicación de los materiales

Pintura de aplicación en frío

La pintura y las microesferas de vidrio se deben suministrar ya preparadas y listas para su empleo y no se les debe agregar ni quitar ningún componente en el sitio de los trabajos.

Únicamente pueden ser usados los tipos de disolventes especificados por el fabricante de la pintura de tráfico. Es admisible un máximo de tres por ciento (3 %) en volumen, para facilitar el flujo de la pintura por las pistolas; los disolventes, nunca se deben aplicar con el fin de rendir la pintura.

La pintura se debe aplicar de manera homogénea, de tal forma que no haya excesos ni deficiencias en ningún punto; debe formar una película uniforme, sin arrugas, ampollas o bolsas de aire.

Las microesferas deben dispersarse uniformemente en la película de pintura fresca, la cual debe ligarlas para lograr la máxima adhesión y agarre de ellas, pero sin afectar sus grados de refracción y reflexión.

Resina termoplástica

La resina termoplástica y las microesferas de vidrio, se deben suministrar ya preparadas y listas para su empleo y no se les debe agregar ni quitar ningún componente en el sitio de los trabajos.

La resina termoplástica se debe aplicar de manera homogénea, de forma que no haya excesos ni deficiencias en ningún punto, formando una película uniforme sin arrugas, ampollas o bolsas de aire.

Las microesferas de vidrio se deben dispersar uniformemente sobre la película de resina en estado líquido, la cual debe ligarlas para lograr la máxima adhesión y agarre de ellas, pero sin afectar sus grados de refracción y reflexión.

Consideraciones adicionales

Toda demarcación no aceptada por el interventor en cuanto a acabado, alineamiento longitudinal y reflectividad, debe ser corregida o removida por el constructor bajo su propia cuenta y riesgo, mediante fresado u otro procedimiento apropiado que no afecte la estructura del pavimento.

En ningún evento se debe utilizar pintura negra de tráfico para tapar la demarcación defectuosa.

Igual tratamiento se debe dar a toda la demarcación colocada en forma diferente a los planos o las instrucciones del interventor y que, a criterio de este, pueda generar confusión o inseguridad a los usuarios de la vía.

El constructor debe remover bajo su propia cuenta y riesgo toda pintura, resina termoplástica o cualquier material utilizado que presente problemas de adherencia con la superficie.

Limitaciones en la ejecución

Bajo condiciones de lluvia no se debe aplicar la pintura para demarcación de pavimentos, ni cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C) o superior a cuarenta grados Celsius (40 °C) y según lo especifique el fabricante del producto. Tampoco se debe aplicar el material cuando el viento sea mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h) o la temperatura de la superficie por demarcar sea superior a cuarenta y ocho grados Celsius (48 °C), a no ser que el fabricante de la pintura recomiende su aplicación a esta temperatura en la ficha técnica del producto.

En el momento de la aplicación de la pintura para demarcación, la humedad relativa no puede ser mayor al ochenta por ciento (80 %) y la temperatura de la superficie debe ser mínimo diez grados Celsius (10 °C) por encima del punto de rocío, con el fin de que el vapor de agua del aire no afecte la calidad de la pintura. En todo caso, se debe seguir las recomendaciones de temperaturas definidas por el fabricante del producto.

Se debe verificar la humedad del pavimento con ayuda de equipos de control (menor del cinco por ciento (5 %) de la humedad) o métodos manuales; por ejemplo, para determinar la presencia de agua, se pega sobre la superficie del pavimento una película de cuatrocientos centímetros cuadrados (400 cm2) de plástico, empleando cinta de enmascarar, sellando todos los bordes. Luego de treinta minutos (30 min), se examina la presencia de agua condensada sobre el material o la superficie del pavimento. Si se detecta la presencia de agua condensada no se debe aplicar la pintura para demarcación.

No se debe aplicar termoplástico bajo condiciones de lluvia ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a doce grados Celsius (12 °C) o la temperatura del pavimento sea inferior a nueve grados Celsius (9 °C).

La temperatura de calentamiento del termoplástico y el número de recalentamientos tienen topes máximos, los cuales deben estar de acuerdo con las especificaciones definidas por el fabricante.

Cuando el termoplástico se aplique sobre concreto hidráulico o pavimento asfáltico, con agregados expuestos, se recomienda aplicar un adhesivo (cuando se requiera esta aplicación, el fabricante debe definir su uso) para mejorar el enlace de unión entre el pavimento y el termoplástico.

No debe aplicarse termoplástico cuando exista humedad en el pavimento. Para determinar la presencia de humedad, se coloca sobre la superficie del pavimento una pelicula de cuatrocientos centímetros cuadrados (400 cm2) de plástico resistente a temperatura; posteriormente, se debe fundir el termoplástico sobre esta y luego examinar la presencia de agua condensada sobre el material o la superficie del pavimento. De detectarse la presencia de agua condensada, no se debe aplicar el material.

Apertura al tránsito

Las superficies demarcadas deben ser protegidas de la acción de cualquier tipo de tránsito hasta el instante en que el recubrimiento se encuentre perfectamente seco. Dicho instante debe ser definido por el interventor.

Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la aplicación de pintura en líneas de demarcación y marcas viales, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Condiciones para el recibo de los trabajos

Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el constructor.
- Revisar la instalación de la señalización temporal para informar del cierre parcial de la vía o de la restricción de la velocidad de circulación, cuando la demarcación se hace con vía abierta.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 700.2.
- Corroborar que los materiales se apliquen uniformemente y en los sitios previstos.
- Supervisar la adhesión, el acabado y la reflectividad de la pintura colocada.
- Examinar como mínimo: (i) el alineamiento de las marcas viales cada dos kilómetros (2 km); (ii) el ancho de la línea cada quinientos metros (500 m), (iii) la separación entre líneas cada cinco kilómetros (5 km) (iv) la variación del espaciamiento de las líneas con o sin demarcación cada cinco kilómetros (5 km), (v) el inicio y la finalización de zonas con o sin distancia de visibilidad para realizar la maniobra de adelantamiento y (vi) el ancho de carriles cada cinco kilómetros (5 km); o en los sitios que lo considere pertinente el interventor.

- Inspeccionar el cumplimiento sobre las distancias de prohibido adelantamiento, en curvas verticales y horizontales y en zonas con esta restricción en tramo recto, donde la distancia de visibilidad de adelantamiento sea mayor que la distancia de visibilidad del sector. Para ello, se debe indicar claramente al constructor las velocidades de operación en cada uno de los sectores, para poder hacer estas mediciones de acuerdo con lo expresado en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.
- Realizar la medición del espesor de película húmeda real, sin microesfera y el espesor de película seca y verificar su cumplimiento respecto de lo establecido en la NTC 4744-4.
- Verificar la homogeneidad y retrorreflectividad según lo definido en la NTC 4744-4.

El interventor debe exigir al constructor, el certificado de conformidad expedido por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), o por un organismo de certificación de productos del país de origen, debidamente acreditado para certificar dichos materiales, aportado por las compañías fabricantes o lo que establezca la Superintendencia de Industria y Comercio en materia de evaluación de la conformidad.

El interventor debe medir para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones de interventor.

Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Acabado

- ***Pintura de aplicación en frío***

Las líneas deben ser razonablemente uniformes y libres de irregularidades. La uniformidad se debe determinar tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectangulares de calibre nro. 16 de diez centímetros (10 cm) por quince centímetros (15 cm), las cuales se colocan cada quinientos metros (500 m). Cuando se hace la toma de la muestra, se debe interrumpir la pistola de aplicación de microesfera. Inmediatamente, estando húmeda la pintura, con una galga (micrómetro para medir espesores húmedos de pintura) se debe medir el espesor aplicado.

Las cantidades de pintura y de microesferas aplicadas deben determinarse tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectangulares de calibre nro. 16 de quince centímetros (15 cm) por veinticinco centímetros (25 cm), las cuales se deben colocar cada cinco mil metros (5 000 m).

La muestra de pintura con microesferas, seca, se debe colocar dentro de un disolvente que deshaga la pintura. Al tamizar el material disuelto en el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), deben quedar atrapadas las microesferas aplicadas. Conociendo la masa de la lámina galvanizada, la masa total de esta con pintura y microesferas, la densidad, el contenido de sólidos y el área de pintura en la lámina, se debe determinar la cantidad real de pintura y de microesferas aplicadas en las líneas o marcas viales.

La toma de la muestra se debe realizar cuando el vehículo esté aplicando pintura y microesferas de vidrio a la vez. En seguida, se debe tomar una muestra de cero coma cinco litros (0,5 L) de la pintura que está saliendo por la pistola. De la muestra de pintura líquida se debe determinar en el laboratorio, la densidad y el contenido de sólidos.

- ***Resinas termoplásticas***

Las cantidades y uniformidad de termoplástico y microesferas aplicados se deben determinar tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectangulares de calibre nro. 16 de quince centímetros (15 cm) por veinticinco centímetros (25 cm), las cuales se deben colocar cada cinco mil metros (5 000 m).