



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**METODOLOGÍA PARA MANTENIMIENTO DE OBRAS DE ARTE EN CARRETERAS
PAVIMENTADAS PARA CONSERVAR SU VIDA ÚTIL Y PREVENIR RIESGOS**

Esdras Emanuel de la Cruz Carazo

Asesorado por el Ing. Mario René Jordán Zabaleta

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**METODOLOGÍA PARA MANTENIMIENTO DE OBRAS DE ARTE EN CARRETERAS
PAVIMENTADAS PARA CONSERVAR SU VIDA ÚTIL Y PREVENIR RIESGOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ESDRAS EMANUEL DE LA CRUZ CARAZO
ASESORADO POR EL ING. MARIO RENÉ JORDÁN ZABALETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

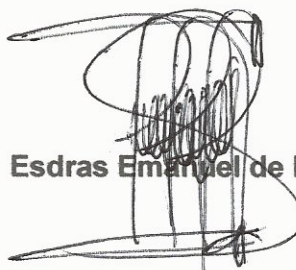
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

METODOLOGÍA PARA MANTENIMIENTO DE OBRAS DE ARTE EN CARRETERAS PAVIMENTADAS PARA CONSERVAR SU VIDA ÚTIL Y PREVENIR RIESGOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 2 de noviembre de 2012.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and vertical strokes, positioned above the printed name.

Esdras Emanuel de la Cruz Carazo

Guatemala noviembre de 2013

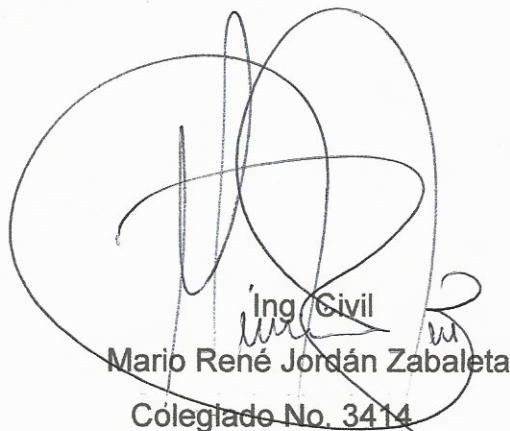
Lic. Manuel María Guillén Salazar
Coordinador del Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Lic. Guillén

Luego de un breve saludo, sírvame la presente para informarle que el trabajo de graduación "**METODOLOGIA PARA MANTENIMIENTO DE OBRAS DE ARTE EN CARRETERAS PAVIMENTADAS PARA CONSERVAR SU VIDA UTIL Y PREVENIR RIESGOS**", elaborado por el estudiante Esdras Emanuel De La Cruz Carazo, ha sido Finalizado a satisfacción y revisado por mi persona.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente



Ing. Civil
Mario René Jordán Zabaleta
Colegiado No. 3414

Mario René Jordán Z.
INGENIERO CIVIL
COL. 3414



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
24 abril de 2014

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación METODOLOGÍA PARA MANTENIMIENTO DE OBRAS DE ARTE EN CARRETERAS PAVIMENTADAS PARA CONSERVAR SU VIDA ÚTIL Y PREVENIR RIESGOS,, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Esdras Emanuel de la Cruz Carazo, quien contó con la asesoría del Ing. Mario René Jordán Zabaleta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento

Manuel María Guillén Salazar
Escribió el 24/04/2014
Código No. 4759

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Mario René Jordán Zabaleta y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Esdras Emanuel De La Cruz Carazo, titulado **METODOLOGÍA PARA MANTENIMIENTO DE OBRAS DE ARTE EN CARRETERAS PAVIMENTADAS PARA CONSERVAR SU VIDA ÚTIL Y PREVENIR RIESGOS**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2014.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **METODOLOGÍA PARA MANTENIMIENTO DE OBRAS DE ARTE EN CARRETERAS PAVIMENTADAS PARA CONSERVAR SU VIDA ÚTIL Y PREVENIR RIESGOS**, presentado por el estudiante universitario: **Esdras Emanuel de la Cruz Carazo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, noviembre de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi creador y de quien procede toda sabiduría.
Mis padres	Rodolfo de la Cruz y Bernarda Carazo. Su amor y ejemplo será siempre mi fortaleza.
Mis hermanos	Samuel y Nehemías de la Cruz Carazo. Por su apoyo incondicional.
Mis hermanas	Sara y Jackeline de la Cruz Carazo. Por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Sin Él nada es posible. Desde mis inicios su misericordia refleja mis pasos.
Asesor	Ing. Mario René Jordán Zabaleta. Por su amistad, enseñanzas y apoyo incondicional durante la realización de este trabajo y a lo largo de mi vida académica.
Mis compañeros y amigos	Por el tiempo compartido.
Catedráticos	Por sus enseñanzas y consejos.
La Facultad de Ingeniería	Por abrirme las puertas al conocimiento científico y permitir mi formación profesional.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma mater.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES Y DAÑOS EN CARRETERAS PAVIMENTADAS.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.1.1. Mantenimiento preventivo	1
1.1.1.1. Mantenimiento rutinario.....	2
1.1.1.2. Mantenimiento periódico	2
1.1.2. Mantenimiento permanente	3
1.1.3. Mantenimiento correctivo	3
1.1.4. Mantenimiento de emergencia	3
1.1.5. Seguridad vial.....	4
1.2. Daños en pavimentos asfálticos.....	4
1.2.1. Daños en pavimentos asfálticos	4
1.2.2. Daños en pavimentos concreto	6
1.2.2.1. Concreto simple	7
1.2.2.2. Concreto de cemento hidráulico.....	8
1.2.2.3. Concreto con refuerzo (dovelas)	10

2.	ESPECIFICACIONES GENERALES, TÉCNICAS, DISPOSICIONES ESPECIALES Y NORMAS VIGENTES PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	11
2.1.	Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda de la República de Guatemala	11
2.1.1.	División 250: terraplenes estructurales	12
2.1.1.1.	Sección 252: muros o rellenos de roca	12
2.1.1.2.	Sección 253: gaviones y colchones para revestimiento.....	13
2.1.1.3.	Sección 256: anclajes permanentes	15
2.1.1.4.	Sección 257: muros de retención de concreto reforzado.....	29
2.1.1.5.	Sección 258: muros de suelo enclavado	30
2.1.2.	División 550: estructuras.....	32
2.1.2.1.	Sección 569: reparación de grietas en estructuras de concreto.....	32
2.1.2.2.	Sección 570: recubrimientos protectores del concreto	35
2.1.3.	División 600: estructuras de drenaje.....	39
2.1.3.1.	Sección 601: alcantarillas de tubos de concreto reforzado.....	39
2.1.3.2.	Sección 602: tubos de drenaje de estructuras.....	47

2.1.3.3.	Sección 603: alcantarilla de material corrugado	48
2.1.3.4.	Sección 604: alcantarillas de material plástico	54
2.1.3.5.	Sección 605: subdrenajes	60
2.1.3.6.	Sección 606: drenajes horizontales.....	76
2.1.3.7.	Cajas y cabezales para alcantarillas	79
2.1.3.8.	Sección 608: cunetas revestidas....	80
2.1.3.9.	Sección 609: bordillos	83
2.1.3.10.	Sección 610: capa filtrante	84
2.1.3.11.	Sección 611: Limpieza, reutilización o remoción de estructuras de drenaje existentes ..	85
2.1.4.	División 700: construcciones complementarias ...	86
2.1.4.1.	Defensas para carreteras.....	87
2.1.4.2.	Sección 702: indicadores del derecho de vía	91
2.1.4.3.	Sección 703: cercas.....	92
2.1.4.4.	Sección 709: barricadas de concreto	99
3.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	103
3.1.	Hombros.....	103
3.1.1.	Reconstrucción de hombros en carreteras pavimentadas	103
3.1.2.	Mantenimiento de hombros	104
3.1.3.	Estabilización de hombros con suelo cemento..	104

3.2.	Taludes.....	105
3.2.1.	Mantenimiento de taludes a corte	106
3.2.2.	Mantenimiento de taludes a relleno	107
3.2.3.	Medidas de conservación	107
3.3.	Estructuras menores.....	108
3.3.1.	Reparación y mantenimiento de estructuras menores.....	109
3.3.2.	Nivelación de pozos de visita y cajas tragantes.....	110
3.3.3.	Construcción de muros gaviones.....	111
3.3.4.	Mantenimiento de estructuras de gaviones	111
3.4.	Drenajes	112
3.4.1.	Limpieza de estructuras de drenaje existentes ..	113
3.4.2.	Reacondicionamiento de estructuras de drenaje.....	114
3.4.3.	Remoción y reutilización de drenaje en el proyecto	114
3.4.4.	Remoción de estructuras de drenaje existentes	114
3.5.	Alcantarillas	115
3.5.1.	Drenaje transversal en carreteras.....	115
3.5.2.	Muros y alas de alcantarillas.....	116
3.5.3.	Selección del tipo de alcantarilla.....	116
3.5.4.	Alcantarillas de metal corrugado.....	117
3.5.5.	Alcantarillas de concreto.....	117
3.5.6.	Alcantarillas de bóveda.....	118
3.5.7.	Alcantarillas de cajón o pórticos	119
3.5.8.	Limpieza de alcantarillas.....	119
3.6.	Muros de contención	120
3.6.1.	Condiciones donde se establece	120

3.6.2.	Mantenimiento	121
3.7.	Cunetas.....	121
3.7.1.	Limpieza de cunetas laterales	121
3.7.2.	Limpieza de cunetas de coronación	122
4.	RESULTADOS ESPERADOS.....	123
4.1.	Reducción de riesgos.....	123
4.1.1.	Viales.....	123
4.1.1.1.	En carreteras pavimentadas	123
4.1.1.2.	En carreteras asfálticas.....	124
4.1.2.	Peatonales.....	125
4.1.2.1.	En carreteras pavimentadas	125
4.1.2.2.	En carreteras asfálticas.....	125
4.1.3.	Sociales.....	125
4.1.3.1.	En carreteras pavimentadas	126
4.1.3.2.	En carreteras asfálticas.....	126
	CONCLUSIONES	129
	RECOMENDACIONES	131
	BIBLIOGRAFÍA	133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I.	Secuencia de aplicación de carga.....	26
II.	Secuencia de aplicación de prueba de carga.....	28
III.	Propiedades primarias de los compuestos de HDPE.....	55
IV.	Propiedades de los compuestos PVC.....	56
V.	Espesor y rigidez de las alcantarillas de polietileno de alta densidad.....	58
VI.	Espesor, rigidez y masa unitaria de las alcantarillas de PVC.....	58
VII.	Masa unitaria de las alcantarillas de polietileno de alta densidad.....	60
VIII.	Graduación para agregado fino (AASHTO M 6).....	64
IX.	Graduación para agregado grueso.....	64
X.	Requerimientos físicos para geotextil en función de drenaje subterráneo.....	65
XI.	Diámetros nominales en función de número de perforaciones.....	68
XII.	Diámetros interiores, longitudes y espaciamientos.....	69
XIII.	Perforación corrugada de acero.....	70
XIV.	Perforación de tubería en aluminio.....	71
XV.	Perforación de tubería en material plástico.....	72
XVI.	Configuración para tuberías con ranuras.....	77
XVII.	Requisitos de graduación de la capa filtrante.....	85

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ABS	Acrilotrilo-butadelno-estireno
cm	Centímetros
DGC	Especificaciones para fabricación de tuberías
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
gr/cm³	Gramos sobre centímetros cúbicos
HDPE	High Density Polythylene
DGC	Especificaciones para fabricación de tuberías
kg	Kilogramos
kg/m	Kilogramo sobre metro
kg/cm²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
kg/m³	Kilogramo sobre metro cúbico
KPa	Kilopascal
lb/pulg²	libra sobre pulgada cuadrada
lt	Litro
m	Metro
mm	Milímetro
mm²	Milímetro al cuadrado
mm/log ciclo	Milímetro sobre longitud por ciclo
MPa	Megapascal
N	Newton

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Alquitrán	Sustancia densa y pegajosa, se obtiene por destilación del petróleo, carbón u otra materia orgánica.
Áridos	Grava y arena mezclados para hacer hormigón
Asfalto	Sustancia derivada del petróleo crudo, se usa para cubrir superficies, especialmente calles y carreteras.
ASTM	American Society For Testing and Materials
Bache	Agujero o desnivel en la superficie de un camino o carretera.
Calafateado	Cerrar las uniones (juntas) con químicos que no permitan el ingreso de agua.
Contratista	Persona individual o jurídica con quien se suscribe un contrato.
Corrosión	Deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

Curado	Proceso de prevención de la pérdida de humedad del concreto.
Delegado residente	Persona individual o jurídica autorizada ante el contratista, para realizar trabajos de supervisión, residiendo en el lugar donde se ejecutará la obra.
Embeco	mortero de tipo expansivo
Embreizado	Soporte, refuerzo o estabilidad a estructuras.
Epóxico	Resina sintética que incrementa la resistencia de los materiales a la corrosión.
Especímenes	Muestras requeridas para el control de calidad del hormigón.
Exudación	Salida de una sustancia o un líquido a través de los poros.
Fluencia	Deformación irrecuperable a partir de la cual se recupera la parte de su deformación correspondiente.
Geocompuestos	Drenante de alta resistencia al aplastamiento y gran capacidad hidráulica.
Geotextil	Lámina permeable y flexible de fibras sintéticas

Hincar	Apoyar o ejercer presión ante un elemento necesario para completar las construcciones civiles.
Lechada	Masa de agua y cal, cemento o yeso utilizada en construcción.
Mortero	Mezcla de conglomerantes inorgánico, árido y agua, y posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción.
Obturador	Barra horizontal que cae automáticamente sellando la transmisión de sonido.
Polietileno	Sustancia densa y pegajosa, se obtiene por destilación del petróleo, carbón u otra materia orgánica.
Polímero	Sustancia química que resulta de un proceso de polimerización.
Terraplén	Material de relleno para excavación, levantar su nivel y formar un plano de apoyo para hacer una obra.
Testigo	Muestra cilíndrica empleada para analizar su capacidad portante.
Tricloroetileno	Sustancia química de síntesis que se presenta en forma de líquido incoloro, no inflamable.

Unidad ejecutora

Entidad, dependencia, o unidad encargada del trámite y la administración de la ejecución y en su caso su supervisión.

RESUMEN

En la presente investigación, se recopila una serie de información necesaria para el uso racional de los sistemas de construcción para carreteras y su relación e influencia en el entorno como recurso limitado.

Es conveniente clasificar las obras de arte, según el tipo de construcción, dimensiones y efectos que beneficiará a un tramo carretero. Dentro de las obras de arte menores pueden encontrarse los sistemas hidráulicos, a su vez, las obras de arte mayores son aquellas que complementan la estabilidad de una carretera conectándola con ciudades o poblaciones de distintas dimensiones. Hombros, muros de contención, taludes estabilizados, entre otros.

Estas obras complementarias necesarias para el buen funcionamiento de las construcciones utilizadas para el tránsito vehicular apuntan a tener un control sobre todos los sistemas de construcción, disminuyendo erosión del terreno, contaminación de cursos de agua y mejorar la estabilidad de los caminos. Estos tipos de trabajos resultan necesarios debido a la modificación del terreno.

Cabe destacar, dentro de las actividades de construcción de obras de arte deben tomarse en consideración la autorización correspondiente, por parte de la unidad de caminos para la correcta ejecución de cualquier trabajo de obra civil correspondiente a la construcción de carreteras.

OBJETIVOS

General

Guía metodológica para mantenimiento y conservación de obras de arte en carreteras pavimentadas.

Específicos

1. Dar a conocer la importancia del estudio de preinversión de las vías de acceso.
2. Dar a conocer los factores que inciden en la vulnerabilidad de las carreteras pavimentadas.
3. Determinar los tipos de carreteras según la región, uso y factores socioeconómicos.
4. Determinar la eficiencia y eficacia en la utilización de materiales para la construcción de tramos transitables para vehículos livianos y pesados.

INTRODUCCIÓN

Cuando se refiere a obras de arte se hace mención de gaviones, cuentas, drenajes, taludes, enclavados entre otras, que son parte complementaria de una carretera pavimentada o asfáltica.

Las obras de arte históricamente siempre han existido, ya que son las que al final, le dan vida y funcionalidad a las vías de comunicación.

El primer capítulo presenta las generalidades y una descripción amplia de los factores que intervienen en los daños a carreteras. Asimismo, las recomendaciones para evitar el deterioro de los mismos.

En el segundo capítulo se dan a conocer los reglamentos vigentes, parte fundamental en la evaluación y desarrollo de diseños de carreteras para determinar la construcción de la misma. Se describen factores y recomendaciones que determinan la calidad de los materiales y los posibles métodos que pueden ser utilizados para lograr de manera adecuada y segura la ejecución de estos tipos de proyectos.

El tercer capítulo describe las formas adecuadas, métodos de trabajo, procedimientos y la disciplina requerida, para que la realización de todo tipo de proyectos de vías de acceso sea realizada satisfactoriamente y con los requerimientos establecidos en los diseños con que se han previsto.

En el cuarto capítulo se aplican los resultados de la metodología y diseños utilizados en las construcciones de carreteras. Dejando previsto todo tipo de

inconveniente que puedan surgir y que en algunos casos, aquellos que sean de un auge inesperado, tener disponible un plan de emergencia para cada inconveniente presentado en cualquier zona construida.

Al final se hace mención de las conclusiones y recomendaciones a que se llegó, producto del trabajo realizado así como la bibliografía consultada.

1. GENERALIDADES Y DAÑOS EN CARRETERAS PAVIMENTADAS

1.1. Generalidades

Una red vial construida satisfactoriamente, constituye las arterias de desarrollo que requiere un país. Con la construcción de caminos se logra la unión de ciudades de importancia, siendo preciso el recorrido en condiciones adecuadas.

1.1.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo en carreteras es necesario para conservarlas en buen estado y transitable en todas las épocas del año.

Es aconsejable el mantenimiento preventivo para optimizar funcionalidad en la red vial y para evitar erogaciones altas por descuidos y faltas de mantenimiento.

Determinar el carácter preventivo incluyendo en este tipo de mantenimiento, limpieza de obras de drenaje, corte de la vegetación, reparación de los efectos producidos por carga vehicular en la plataforma, entre otros.

1.1.1.1. Mantenimiento rutinario

Es la unión de actividades que se ejecutan con permanencia en plataformas, drenajes, subdrenajes, derecho de vía, obras de arte, señalización y seguridad vial a lo largo del trayecto de infraestructura.

Tiene como objetivo la conservación de los elementos que conforman el camino con el mínimo daño y modificación, en lo posible, dar condiciones ideales que se han tenido después de su construcción.

En la práctica el mantenimiento rutinario se refiere a las actividades repetitivas, que se ejecutan continuamente en los diferentes tramos de la carretera.

1.1.1.2. Mantenimiento periódico

Es la función de trabajar durante períodos prolongados o cortos, según las necesidades y el uso que tenga el tramo vehicular, son actividades que se repiten en lapsos más prolongados de varios meses o de más de un año.

Ejemplos para este tipo de mantenimiento es la inspección de la plataforma, reparación de los aspectos físicos que se encuentren dañados, por lo tanto, evitar pérdida en las condiciones originales de la carretera. Estos deterioros pueden ser ocasionados por la naturaleza y por los usuarios.

1.1.2. Mantenimiento permanente

Las carreteras sufren deterioros producto del paso constante de vehículos y por fenómenos de la naturaleza, como las constantes lluvias que producen deslaves. Por esto es necesario el mantenimiento permanente que unido al mantenimiento preventivo y rutinario favorecen a tener despejadas las diversas vías de locomoción.

1.1.3. Mantenimiento correctivo

Es el resultado de retrasar el deterioro de las carpetas inferiores de pavimento y se utiliza según el daño provocado en el mismo, es necesario establecer temporadas de trabajo y técnicas a realizar, usualmente se establecen tiempos mínimos de operación una vez al año y comprende la renovación de la capa de rodadura económicamente hablando, 25 por ciento del total de la inversión realizada en el proyecto.

Esto incluye reparación de obras de drenaje u otras que hayan sido desarrolladas en el transcurso de su ejecución.

Este tipo de actividades se realiza durante dos años continuos y al tercer año es necesario hacer una corroboración y replanteo vial.

1.1.4. Mantenimiento de emergencia

Comprende toda actividad a ser realizada de manera urgente, como consecuencia de imprevistos (provocación por el hombre o por la naturaleza) y que es necesario habilitar a brevedad posible el tramo carretero para que permita el tránsito libre.

1.1.5. Seguridad vial

La seguridad vial comprende la evaluación de accidentes de tránsito o bien la preparación y difusión de normas, políticas y especificaciones posibles para minimizar estos efectos y como prioridad, resguardar la vida de las personas.

1.2. Daños en pavimentos asfálticos

Comúnmente los daños a este tipo de construcciones suelen darse por el constante uso en cualquier época del año, además de no tener un plan de emergencia y mantenimiento cuando sea necesario.

1.2.1. Daños en pavimentos asfálticos

En la mayoría de casos en los que se encuentran daños a los pavimentos de tipo asfáltico, se encuentra como razón de su falla el efecto de un diseño no funcional del contenido de asfalto.

- Pérdida de agregados (calaveras o surcos)
 - Pérdida de la superficie de los agregados de capas asfálticas con espesor mayor a 5 centímetros.
 - Causas comunes: esparcido irregular del ligante (asfalto), ligante inadecuado, agregado sucio (con polvo adherido), agregado pétreo inadecuado por falta de adherencia en el ligante (asfalto).

- Pérdida de capa de rodadura (peladuras)
 - Desprendimiento de la última capa delgada, lechadas, capas de rodadura.
 - Las causas comunes se deben a limpieza insuficiente, dosificación inadecuada de áridos, colocación en condiciones de lluvia o exceso de agua en la base, compactación deficiente.

- Pérdida de base (calavera o bache superficial)
 - Separación del material de la base en la que se apoya la carpeta de rodadura, generalmente ocurre en bases no tratadas hidráulicamente.
 - El origen de estos defectos suelen suceder por escasa dosificación de asfalto aplicado con cemento asfáltico, peralte insuficiente de la base de rodadura.

- Exudación de asfalto (llorado)
 - Ocurre cuando el asfalto no presenta porcentajes adecuados de dosificación de áridos en la superficie. Causas comunes; exceso de asfalto en la dosificación, derrame de solventes.

- Desgaste de áridos
 - Existen agregados (áridos) que presentan discontinuidades en la superficie causados por el uso de agregados suaves y susceptibles al pulimiento.

- Baches profundos
 - Desaparición de un área determinada de la calzada, con agrietamiento y generalmente pérdida de la carpeta de rodadura.
 - El desarrollo suele presentarse inestable dadas las condiciones de estructura inadecuada, subdrenaje inapropiado y defecto constructivo.
- Grietas longitudinales
 - Agrietamiento longitudinal paralelo y/o transversal perpendicular al eje de la carretera, con una rotura mayor a 2 milímetros. Suele suceder debido a juntas de construcciones inadecuadas, gradiente térmico superior a 30 grados Celsius, asfaltos envejecidos.

1.2.2. Daños en pavimentos concreto

Usualmente nombrados pavimentos rígidos, su comportamiento suele ser a través del suelo, como apoyo principal, terraplén.

Estos pavimentos suelen caracterizarse por el trabajo realizado en la carpeta de rodadura, es una losa de concreto hidráulico compuesto por agregado pétreo, cemento hidráulico y agua, brindando deformaciones menores bajo la acción de cargas, disipando una mayor parte de los esfuerzos y distribuyendo estas energías en un área de contacto específica.

Estos sistemas de losas son colocadas sobre una capa de material granular, comúnmente delgada dominada subbase, la cual no cumple una función estructural.

Es necesaria su colocación para evitar el bombeo y dar uniformidad al apoyo, mejorando las propiedades de la subrasante.

1.2.2.1. Concreto simple

Se utiliza para construir cualquier tipo de estructuras, además de ser utilizado para unidades prefabricadas como suelen ser los tabiques o bloques, brindando resistencia a fuerzas de compresión elevadas.

- Deficiencias de sellado
 - El deterioro de las juntas de trabajo utilizadas en pavimentos rígidos suelen permitir incrustación de materiales incompresibles (arenas, piedras y otros), y la infiltración de una cantidad considerable de agua ocasionando el bajo rendimiento de la misma.

- Juntas saltadas
 - División de los bordes de una junta en sus dos sentidos (longitudinal y transversal), presentado pérdida del elemento en conjunto y que puede verse afectado hasta 5 centímetros dentro de la losa.

- Grietas de esquina
 - Se originan con aspecto triangular, al interferir entre las juntas longitudinales y transversales formando un ángulo aproximado de 50 grados, con dirección al tramo vehicular. Las dimensiones de los lados del triángulo pueden variar entre 25 centímetros y la mitad del ancho de la losa.

- Las causas posibles surgen por falta de apoyo en la losa (espesor o material utilizado), erosión originado en la base, deficiente transmisión de cargas entre las juntas.
- Grietas longitudinales
 - Van paralelas al eje de la vía o bien se encuentran dispuestas desde una junta transversal hasta el borde de la losa, este tipo de intersecciones se producen a una distancia mayor que la mitad del ancho de la losa.
 - Probablemente su origen parte de la falta de apoyo en la losa, asentamiento en la base y subrasante, carencia de una junta longitudinal, mal posicionamiento del refuerzo para disipar cargas.

1.2.2.2. Concreto de cemento hidráulico

El cemento hidráulico es un material inorgánico finamente pulverizado, que al ser mezclado con áridos y agua tiene la capacidad de fraguar y endurecer, desarrollando resistencia y conservando estabilidad.

Entre las principales virtudes que provee un pavimento de concreto hidráulico podemos mencionar las siguientes:

Durabilidad

Seguridad

Bajo costo de mantenimiento

Altos índices de servicio

- **Grietas transversales**
 - Surgen con una aproximación perpendicular al eje de la carretera. También pueden desarrollarse en sentido contrario (transversalmente), siempre que la intersección con la junta sobrepase la mitad del ancho de la losa.

- **Fisura por retracción**
 - Restringidas solo a la superficie del pavimento. Suelen desarrollarse en sentido longitudinal encontrándose enlazadas por grietas más finas. Causas posibles; proceso inadecuado de fraguado y curado del hormigón.

- **Desintegración**
 - Pérdida gradual en la superficie de textura y mortero, quedando el árido expuesto a la intemperie.

 - Causas posibles; hormigón mal compactado, curado inadecuado, concreto en exceso de mortero y agua.

- **Baches**
 - Comúnmente se presenta de forma redondeada con el surgimiento de la separación del hormigón en la superficie. Sus dimensiones dependen de las condiciones de la estructura y de la falla producida en la misma, usualmente su diámetro varía entre 2,5 centímetros y 10 centímetros, obteniendo una profundidad mínima de 1,5 centímetros.

1.2.2.3. Concreto con refuerzo (dovelas)

Elemento estructural conformado por un arco y pueden ser construidos por distintos materiales, tales como ladrillo o piedra.

En las construcciones modernas suelen utilizarse hormigón armado o pretensado. Este sistema puede ser muy útil para tramos carreteros y/o uniones entre puentes para generar conexiones entre ciudades.

Su geometría usualmente es de un semiarco ensamblado con las dovelas contiguas, a fin de unificar un anillo total. Estructuralmente suelen los extremos (basales) recibir el peso requerido, brindando la capacidad necesaria para soportar el tránsito vehicular.

2. ESPECIFICACIONES GENERALES, TÉCNICAS, DISPOSICIONES ESPECIALES Y NORMAS VIGENTES PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

2.1. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda de la República de Guatemala

Las especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes, es el compendio que norma en forma general las relaciones entre la Dirección General de Caminos y los contratistas, para la realización de obras.

Tratándose de normas generales, su aplicación no debe hacerse indistintamente para una carretera de primera que para un camino de penetración. Para cada proyecto deben diseñarse las disposiciones especiales que para el efecto prevalezcan, describiendo además las características especiales de la obra.

Los planos cuidadosamente elaborados para cada obra, las disposiciones especiales diseñadas especialmente para cada obra y las *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Puentes* son un conjunto de documentos que se complementan entre sí.

Las especificaciones y demás documentos tienen por objetivo comunicar al oferente lo que la Dirección General de Caminos quiere construir. Son un medio de comunicación escrito, aunque cuidadosamente preparados.

Siendo las especificaciones generales un medio para normar la construcción. Se recomienda la formulación del manual de construcción, que es el documento que sirve para establecer el criterio y el razonamiento para su aplicación.

El espíritu que prevalece en las especificaciones de construcción de carreteras y puentes es el de que cada elemento debe asumir la responsabilidad que le corresponde en la construcción: el que diseña es responsable del diseño; el que construye es responsable de que la construcción se ejecute de conformidad con el diseño aprobado por la Dirección General de Caminos; y todos los participantes deben tener como objetivo primordial encauzar sus esfuerzos y colaboración hacia la construcción de la obra en el tiempo estipulado y con la calidad con que fuera concebida y aprobada.

2.1.1. División 250: terraplenes estructurales

Es común definir terraplén al material utilizado para rellenar un terreno, levantar su nivel y dar forma plana para apoyar la construcción según el tipo de obra a ejecutar.

2.1.1.1. Sección 252: muros o rellenos de roca

Son las estructuras formadas de rocas unidades unas con otras, sin uso de mortero, acomodadas de tal manera que dejen entre sí la menor cantidad de espacios vacíos, sin necesidad de formar hiladas uniformes. La forma de los muros o contrafuertes de roca puede ser regular o irregular, pero siempre de consistencia sólida y rígida.

Este trabajo consiste en el transporte, suministro y colocación, manual o mecánica, de la roca en los lugares donde sea requerida. También se incluye en este trabajo la preparación de las superficies de cimentación de los muros o rellenos de roca, en las cuales a veces es necesario ejecutar alguna excavación.

La roca se debe colocar con una orientación estable con un mínimo de vacíos y del tal forma que se produzca un patrón aleatorio en la colocación. Se deben utilizar fragmentos de roca con un tamaño menor que el tamaño mínimo de la roca, para acuar las más grandes fijamente en su posición y para llenar los vacíos existentes entre las rocas grandes.

El rostro expuesto de la masa de roca debe quedar razonablemente uniforme sin proyecciones extendiéndose fuera de la alineación de la pendiente. La tolerancia en la proyección es de 300 milímetros para las rocas colocadas mecánicamente o de 150 milímetros para las rocas colocadas a mano.

La medida se debe hacer por el número de metros cúbicos en el lugar, con aproximación de dos decimales, de muros o rellenos de roca construidos satisfactoriamente de acuerdo con estas especificaciones generales, los planos y las disposiciones especiales.

2.1.1.2. Sección 253: gaviones y colchones para revestimiento

Son las estructuras formadas por receptáculos de malla de alambre, rellenos de roca, construidos de tal manera que mantengan una forma definida, de consistencia sólida y flexible, utilizados para muros de contención, y protección de márgenes y carreteras, apoyo de puentes, entre otros.

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento y construcción de los receptáculos de malla de alambre; el transporte, suministro y colocación del material de relleno dentro y atrás de los receptáculos de malla de alambre, así como el material geosintético, cuando así se estipule en las disposiciones especiales.

Los materiales para la construcción de muros de gaviones y colchones para revestimientos deben cumplir con lo indicado a continuación:

- Material de las mallas para los gaviones tipo caja y tipo colchón
 - La malla para las canastas de las cajas y los colchones deben ser de malla hexagonal a doble torsión, obtenida entrecruzando dos hilos por tres medios giros.
 - Se debe torcer o soldar la malla de alambre galvanizado de acero de acuerdo con ASTM A 641 M clase 3 o la de alambre de acero aluminado de acuerdo con ASTM A 809. Sebe utilizar alambre con una resistencia mínima a la tensión de 415 megapascales cuando sea ensaya de acuerdo con ASTM A 370.
- Gaviones tipo caja (0,30 metros o más en la dimensión vertical)
 - La malla para las canastas de los gaviones tipo caja galvanizada, aluminada o revestida con cloruro de polivinilo, debe ser fabricada con alambre de tamaña nominal de 2,70 milímetros o más de diámetro, del tipo 8 x 10.

- Los bordes perimetrales de la malla para cada panel deben ser de alambre de 3,4 milímetros o más de diámetro. El alambre perimetral debe tener por lo menos la misma resistencia que el de la malla.
- Gaviones tipo colchón (menos de 0,3 metros en su dimensión vertical)
 - La malla para los gaviones tipo colchón galvanizado, aluminado o revestido con cloruro de polivinilo se debe fabricar con alambre de tamaño nominal 2,2 milímetros o más de diámetro, del tipo 6 x 8. Los bordes perimetrales de la malla para cada panel deben ser de un alambre de 2,7 milímetros o más de diámetro.
 - Este alambre debe tener por lo menos la misma resistencia que el de la malla. Las aberturas de la malla deben ser, en su dimensión máxima, menores que 100 milímetros.
 - Para los colchones con revestimiento galvanizado, aluminado o de cloruro de polivinilo, cada conexión debe ser soldada hasta obtener un esfuerzo cortante mínimo promedio de la soldadura de 1 300 Newton sin que ningún valor sea menor que 1000 Newton, según ASTM A 974.

2.1.1.3. Sección 256: anclajes permanentes

Es una armadura metálica constituida de tensores formados por alambres, tensores o barras, la cual es semirrígida, que se coloca dentro de una perforación hecha en el terreno y que se funde dentro de ella al terreno en el extremo anterior, por medio de inyecciones de lechada de cemento y fijándose a la estructura de retención en el extremo posterior.

Los anclajes se utilizan para transmitir la carga de la cara expuesta de una estructura de retención hacia estratos de suelo o de roca resistentes ubicados detrás del mismo. Un anclaje está compuesto de las siguientes partes:

- Zona de anclaje. Es la parte que se funde en el terreno, generalmente por medio de inyecciones fabricadas con cemento.
- Zona libre. Es la zona de libre movimiento del anclaje. Esta aislada de la zona de anclaje por medio de un obturador colocado entre ésta y la zona libre. La zona libre debe ser protegida por medio de una vaina plástica que recubre la misma.
- Cabeza de amarre. Es el dispositivo de unión del anclaje a la estructura de retención. Sirve para distribuir la presión en la cabeza del tornillo después de ejercer el tensado del anclaje y bloquear en esta forma la armadura.

Se debe utilizar una placa de apoyo de acero u otro montaje para distribuir de manera efectiva los esfuerzos de compresión del dispositivo de anclaje al concreto. Si el dispositivo de anclaje es lo suficientemente grande y es utilizado con un emparrillado empotrado en el concreto, la placa de apoyo o el montaje puede omitirse. Debe cumplir con lo siguiente:

- El esfuerzo de compresión en la unidad final de concreto, inmediatamente debajo de la placa o del montaje, no debe exceder de 21 mega Pascales.

- Los esfuerzos de flexión en las placas o en los montajes, inducidos la halar para el presforzado, no deben exceder el punto de fluencia del material o causar deformaciones visibles en la placa de apoyo cuando se aplique el 100 por ciento de la carga última.
- Tensores. Los tensores, de elementos simples o múltiples, deben cumplir con lo siguiente:
 - Los tensores de acero sin revestimiento, de siete alambres, con esfuerzo relajado, para concreto presforzado, según AASHTO M 203M.
 - Las barras de acero de alta resistencia, revestidas, para concreto presforzado, según AASHTO M 275M.
 - Los tensores de acero sin revestimiento, de siete alambres, con esfuerzo compactado, para concreto presforzado, según AASHTO A 770 Y AASHTO M 203M.
- Acopladores. El contratista debe suministrar acopladores para las secciones del tensor, capaces de desarrollar el 95 por ciento del esfuerzo mínimo último a la tensión especificada para el tensor.
- Vaina. El material de las vainas debe cumplir con los requisitos en la longitud libre y en la longitud de anclaje, de acuerdo al material de que se especifique, como sigue:

- Tubo de polietileno. Este debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 1248 Tipo II, III o IV con un espesor mínimo de la pared de 1,5 milímetros.
- Tubo de polipropileno estirado a presión y derretido en caliente. Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 4101, clasificación de celda PP 210 B5554211 con un espesor mínimo de la pared de 1,5 milímetros.
- Tubo de polietileno estirado a presión y derretido en caliente. Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 3350 y D 1248, alta densidad tipo III, con un espesor mínimo de la pared de 1,5 milímetros.
- Entubado de acero. Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM A 500, con un espesor mínimo de la pared de 5 milímetros.
- Tubería de acero. Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM A 53, catálogo 40 mínimo.
- Tubería plástica. Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 1785, catálogo 40 mínimo.
- Longitud de anclaje
 - Entubado corrugado de polietileno de alta densidad. Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 252 con un espesor mínimo de la pared de 0.75 milímetros.

- Tubos corrugados de cloruro de polivinilo. Deben cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 1784, clase 13464-B.
- Epóxico de adherencia por fusión. Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 284, con un espesor mínimo de la película de 0,4 milímetros.
- Grasa. La grasa debe proveer inhibición de la corrosión y tener propiedades lubricantes.
- Lechada. Debe ser una mezcla capaz de ser bombeada de cemento hidráulico, arena, agua y aditivos mezclados.

La lechada debe alcanzar una resistencia cúbica (AASHTO T 106) de 25 megapascales a los 7 días. Los cubos de lechada para el ensayo deben prepararse de bachadas aleatorias.

Normalmente, no se requerirá el ensayo de resistencia, puesto que el desempeño del sistema será medido ensayado cada anclaje. Los ensayos de resistencia cúbica de la lechada serán requeridos, si se utilizan aditivos o si ocurren irregularidades al ensayar los anclajes.

- Centralizadores. Los centralizadores y los espaciadores pueden ser de cualquier tipo de material, excepto madera, que no sea nocivo al acero presforzado.
- Dispositivos de anclaje. Para los tendones del tensor, se deben diseñar dispositivos de anclaje que permitan ejecutar ensayos de arranque sin que el gato hidráulico enganche el tensor. Las placas

de apoyo del dispositivo de anclaje deben ser de acero que cumplan con lo indicado en AASHTO M 183M o AASHTO M 222M.

Fabricación de la armadura. Las armaduras pueden ser fabricadas en un taller o en el proyecto, de acuerdo con lo indicado en los planos. La sección de la armadura debe ser tal que cumpla con lo siguiente:

- La carga de diseño no debe exceder del 60 por ciento de la resistencia última a la tensión requerida para el tendón.
- La carga máxima de prueba no debe exceder del 80 por ciento de la resistencia última a la tensión especificada para el tendón.
 - Longitud de anclaje. La longitud de anclaje mínima es de 3 metros en roca y de 4,5 metros en suelo. Se debe proveer protección contra la corrosión para la longitud de anclaje, utilizando un recubrimiento de lechada de cemento inhibitoria de la corrosión.
 - Separadores. Se deben utilizar espaciadores a lo largo de la longitud de anclaje en los tensores de elementos múltiples para separar cada uno de los elementos individuales del tensor.
 - Los separadores se deben utilizar para asegurar un mínimo de 13 milímetros de recubrimiento con lechada de longitud de anclaje o en el encapsulado de la longitud de anclaje. Los separadores no deben impedir el flujo libre de la lechada dentro del agujero perforado.

El espaciamiento, centro a centro, entre los separadores no debe exceder de 3 metros. El primer separador de la longitud de anclaje del tensor, después del obturador, debe localizarse a un máximo de 1,5 metros.

El último separador de la longitud de anclaje debe localizarse a un máximo de 300 milímetros del extremo final de la longitud de anclaje.

Si se coloca lechada dentro de todo el agujero perforado, en una sola operación, se debe proveer protección contra la corrosión en la longitud libre por medio de una vaina completamente relleno con grasa o lechada inhibitoria de la corrosión o con un tubo que se encoja con el calor, revestido internamente con un adhesivo elástico.

Si se utiliza grasa dentro de la vaina, se debe engrasar totalmente la longitud libre del tensor. Se deben engrasar los elementos de los tensores multielementos y proveer medidas para evitar que la grasa se salga en los extremos de la vaina.

Si se provee protección contra la corrosión por medio de una vaina rellena con grasa y el agujero perforado arriba de la longitud de anclaje va a ser cubierto con lechada después de activar el dispositivo de cierre del anclaje, se debe colocar lechada alrededor del tensor dentro de una segunda vaina.

Cuando se utilicen anclajes que puedan ser reesforzados, se debe proveer un anclaje reesforzable que sea compatible con el sistema de postensado suministrado.

Si se utilizan tensores con multielementos, las cuñas deben asegurarse adecuadamente según lo recomendado por los proveedores del sistema de postensado.

- Placas de apoyo. El tamaño de las placas debe ser tal que:
 - Los esfuerzos de flexión en la placa no deben exceder la resistencia de fluencia del acero, cuando se aplique una carga igual al 95 por ciento de la resistencia última a la tensión especificada para el tensor; y
 - Los esfuerzos promedio sobre la placa de apoyo no deben exceder los indicados en el diseño.

La trompeta debe ser soldada a la placa de apoyo. El diámetro interior de la trompeta debe ser igual o mayor que el agujero de la placa de apoyo. La trompeta debe ser lo suficientemente larga para acomodar los movimientos durante la aplicación de los esfuerzos y durante la ejecución de las pruebas.

En los tensores con multielementos y con la longitud libre encapsulada, la trompeta debe ser lo suficientemente larga para permitir la transición del diámetro del tensor en la longitud libre al diámetro del tensor en la cabeza de anclaje sin dañar el encapsulado.

La trompeta de los anclajes reesforzables debe ser engrasada para evitar la corrosión. Se debe proveer un sello de hule sintético y permanente Buna-N o un equivalente a este entre la trompeta y la protección contra la corrosión de la longitud libre.

Almacenamiento y manejo: los sensores deben ser almacenados y manipulados de manera que se eviten daños y la corrosión de los mismos. Todos los sensores que exhiban abrasión, cortes, soldaduras, salpicaduras producto de soldaduras, corrosión o picaduras deben ser reemplazados.

Cualquier sensor que exhiba daños en el encapsulado o en la vaina debe ser reemplazado o reparado. Se debe desengrasar la longitud de anclaje de los sensores y se deben remover los residuos de solventes antes de la instalación.

Instalación: los agujeros para los anclajes deben ser perforados con una tolerancia máxima de 300 milímetros de la ubicación especificada.

El eje longitudinal del agujero debe ser perforado en dirección paralela al eje longitudinal del sensor. Los anclajes deben ser instalados con una tolerancia de 3 grados respecto a la inclinación vertical de diseño.

Los anclajes deben ser instalados con una tolerancia en el ángulo horizontal de 3 grados, respecto a una línea perpendicular al plano de la estructura de retención. Si los anclajes se extienden más allá del derecho de vía o de los límites de servidumbre, el contratista debe solicitar los permisos respectivos.

El sensor debe ser insertado dentro del agujero perforado hasta la profundidad requerida sin forzarlo. Cuando no se pueda insertar completamente el sensor, este debe ser removido y se debe limpiar o perforar de nuevo el agujero para permitir la inserción.

La lechada debe ser inyectable desde el extremo final del agujero perforado. La lechada puede ser colocada ya sea antes o después de insertar el

tensor. El contratista debe llevar un registro de la cantidad de lechada y de la presión de la misma para cada anclaje. La presión de la lechada debe ser controlada para evitar la fractura o expulsión excesiva de la misma.

Si el anclaje se instala en un suelo de grano fino utilizando agujeros perforados de más de 150 milímetros de diámetro, la lechada de la longitud libre debe ser colocada después de ensayar y de tensar el anclaje.

Se puede colocar la lechada dentro del agujero completo en una sola operación cuando el anclaje no logra una capacidad significativa de su carga del suelo exclusivamente de la longitud de anclaje.

La protección contra la corrosión de la longitud libre debe extenderse dentro del sello de la trompeta o 300 milímetros dentro de la trompeta, si no se provee un sello.

La protección contra la corrosión de la longitud libre debe ser recortada del tensor lo necesario, para que no tenga contacto con la placa de apoyo de la cabeza de amarre durante las pruebas y la aplicación de esfuerzos.

Prueba y aplicación de esfuerzos: cada anclaje debe ser probado utilizando una carga de prueba máxima que no exceda del 80 por ciento del esfuerzo mínimo último a la tensión del tensor. La carga de prueba debe ser aplicada simultáneamente a todo el tensor y a todos los elementos de los tensores multielementos.

- Equipo para la prueba. El equipo para efectuar las pruebas debe consistir en lo siguiente:

- Un manómetro de cuadrante o una escala de vernier capaz de medir con una aproximación de 0,025 milímetros. Se debe utilizar un dispositivo de movimiento/medida que tenga un recorrido mínimo igual al alargamiento elástico teórico de la longitud total del anclaje al aplicar la carga de prueba máxima.
- Un gato hidráulico y una bomba. Se debe usar un gato y un manómetro calibrador de presiones para medir la carga aplicada.
- El manómetro de presiones y el gato deben ser calibrados como una unidad por una firma independiente dentro de los 45 días previos al inicio de los trabajos de construcción de los anclajes. Se debe utilizar un manómetro de presiones graduado con incrementos de 1 megapascal o menos.
- Un manómetro calibrado de referencia. Este manómetro debe ser calibrado con el gato a utilizar en la prueba y con el manómetro de presiones. Se debe mantener en el sitio del proyecto.

Las pruebas de desempeño deben ser efectuadas el 5 por ciento de los anclajes o en un mínimo de 3 anclajes, el que sea mayor, en cada estructura independiente. El delgado residente seleccionará los anclajes a ser ensayados. Las pruebas de desempeño deben ser efectuadas según lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla I. **Secuencia de aplicación de carga**

Secuencia de la prueba	INCREMENTO DE LA PRUEBA						Reducir a carga de activación del dispositivo de cierre.
	0.25D	0.50D	0.75D	1.00D	1.20D	1.33D	
1	•						
2	•	•					
3	•	•	•				
4	•	•	•	•			
5	•	•	•	•	•		
6	•	•	•	•	•	•	•

Nota: A = carga de alineación y D = carga de diseño

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 256-7.*

Se debe aumentar la carga de un incremento a otro inmediatamente después de registrar el movimiento de anclaje. Se debe medir y registrar el movimiento de anclaje con una aproximación de 0,025 milímetros respecto a un punto de referencia fijo, durante la aplicación de la carga de alineación y en cada incremento de carga.

La carga debe ser controlada con el manómetro de presiones, debe ser colocado en serie con el manómetro de presión durante la ejecución de la prueba de desempeño.

Si la carga medida por el manómetro de presiones y la carga medida por el manómetro de referencia difiere en más del 10 por ciento, se debe calibrar de nuevo el gato, el manómetro de presiones y el manómetro de referencia.. a incrementos de carga distintos que la carga máxima de prueba, la carga se debe sostener lo suficiente para obtener la lectura del movimiento.

La carga máxima de prueba debe ser sostenida por un mínimo de 10 minutos. El gato de ser rebombado lo necesario para mantener una carga constante. El periodo de sostenimiento de carga debe iniciarse tan pronto como se aplique la carga máxima de prueba.

Prueba de carga. Todos los anclajes que no fueron sometidos a la prueba de desempeño deben ser sometidos a la carga.

La carga debe ser aumentada de un incremento a otro inmediatamente después de registrar el movimiento de anclaje. Se debe medir y registrar el movimiento del anclaje con una aproximación de 0,025 milímetros respecto a un punto fijo de referencia independiente durante la aplicación de la carga de alineación y en cada incremento de carga. La carga debe ser medida con un manómetro de presiones.

La carga máxima de prueba debe ser sostenida por un mínimo de 10 minutos. Se debe rebombear el gato lo necesario para obtener una carga constante. El periodo de sostenimiento de la carga debe iniciarse inmediatamente después de aplicar la carga máxima de prueba.

Se debe medir y registrar el movimiento de anclaje a 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10 minutos. Si el movimiento del anclaje entre 1 y 10 minutos excede de 1 milímetro, se debe continuar sosteniendo la carga máxima de prueba y registrar los movimientos del anclaje a 15, 20, 25, 30, 45, y 60 minutos.

Tabla II. **Secuencia de aplicación de prueba de carga**

Incremento de la Carga de Prueba							
	0,25D	0,50D	0,75D	1,00D	1,20D	1,33D	Reducir a la carga de activación del dispositivo de cierre.
	•	•	•	•	•	•	•

Nota: A = carga de alineación y D = carga de diseño

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 256-8.*

Se debe elaborar una gráfica del movimiento del anclaje contra la carga para cada incremento de carga indicado en la tabla II.

Dispositivo de cierre: después de completar las pruebas de desempeño y de carga, esta se debe reducir a la carga de activación del dispositivo de cierre especificada y la carga debe ser transmitida al dispositivo de anclaje. Después de transferir la carga y antes de remover el gato, se debe medir la descarga.

Si la descarga no está dentro del 10 por ciento de la carga de activación del dispositivo de cierre especificada, se debe reajustar el anclaje y medir de nuevo la descarga. Este procedimiento se debe repetir las veces que sea necesario.

- Aceptación. Los anclajes ya instalados serán evaluados basándose en uno de los siguientes resultados de las pruebas de desempeño y de carga:
 - Después de sostener la carga durante 10 minutos, el anclaje soporta la carga máxima de prueba con un movimiento de menos

de 1 milímetro, entre 1 y 10 minutos y el movimiento total a la carga máxima de prueba excede el 80 por ciento del alargamiento elástico teórico de la longitud libre.

- Después de sostener la carga durante 60 minutos, el anclaje soporta la carga máxima de prueba con una razón de escurrimiento plástico, que no exceda de 2 milímetros por longitud de ciclo de tiempo y el movimiento total a la carga máxima de prueba excede del 80 por ciento del alargamiento elástico teórico de la longitud libre.

2.1.1.4. Sección 257: muros de retención de concreto reforzado

Son las estructuras construidas de concreto reforzado para retener taludes en secciones de corte o material en secciones de relleno, para el sostenimiento del terraplén de la carretera.

Requisitos para la construcción: se debe efectuar un levantamiento topográfico y se deben verificar los límites para la construcción del muro. El contratista tiene que preparar y suministrar planos de las formaletas y de la obra falsa.

Acero de refuerzo: el acero de refuerzo debe ser fabricado, transportado y protegido. Asimismo, se debe colocar, sujetar y cortar de acuerdo con lo indicado en los planos.

Concreto estructural: el contratista debe diseñar la mezcla de concreto, asimismo debe almacenar, manipular, preparar las proporciones, mezclar los materiales y entregar el concreto de acuerdo a las normas de control de calidad.

2.1.1.5. Sección 258: muros de suelo enclavado

Es el muro de suelo formado al colocar, en el suelo natural, inclusiones pasivas a espaciamientos cortos, para incrementar la resistencia al corte del suelo y evitar así su deslizamiento; y para limitar la descomposición del suelo durante y después de efectuada la excavación. El muro de suelo enclavado debe ser construido de acuerdo con estas especificaciones generales y con los detalles de construcción indicados en los planos y en las disposiciones especiales.

La inclusión consiste de una varilla de acero de diámetro y longitud variable, según el diseño, introducida en un agujero hecho dentro del suelo, con equipo adecuado y aprobado por el delegado residente, recubierta en toda su longitud y en todo el diámetro del agujero con lechada o mortero de cemento.

Requisitos de materiales: los materiales para la construcción del muro de suelo enclavado deben cumplir con lo establecido a continuación:

- Lechada para las inclusiones. La lechada o mortero de cemento hidráulico para las inclusiones debe consistir en una mezcla de cemento y agua; o de cemento, arena fina cernida y agua, respectivamente. La lechada consistirá en la mezcla de 2 sacos de cemento de 42,68 kilogramos cada uno, como mínimo y de 40 litros de agua.

- En caso el delegado residente autorice el uso de mortero, se deben utilizar 4 sacos de cemento, 3 o 4 pies cúbicos de arena fina cernida (sin material orgánico ni sulfatos) y entre 25 y 30 litros de agua por saco de cemento. Si se hace necesario el uso de un acelerante, este se agregará en una proporción de 1 litro por bacheada. En todo caso, la lechada o mortero debe tener, a la ruptura, una resistencia a la compresión no confinada de 24,5 megapascales (3 500 libras por pulgada cuadrada) como mínimo, a los 28 días de curado.
- Electromalla: la electromalla debe ser de acero liso de 6 x 6 y 3/3, grado 70, como mínimo, que cumpla con lo indicado en la especificación AASHTO M 55 o ASTM A 185.

Pasos a seguir en la construcción: los métodos, técnicas o equipo aquí especificado son los mínimos necesarios para proveer la construcción adecuada del muro de contención de suelo enclavado.

El contratista, bajo su responsabilidad, podrá utilizar otros métodos, técnicas o equipos distintos a los aquí especificados, siempre y cuando su uso sea aprobado previamente, por escrito, por el delegado residente.

Inmediatamente después de efectuar la excavación vertical del talud y de asegurar su conformación y tallado, se colocará la electromalla aproximadamente a 50 milímetros de distancia de la superficie vertical expuesta del talud.

La colocación de la electromalla se hará utilizando ganchos de varilla número 3, con una longitud no menor de 750 milímetros para asegurarla y mantenerla en posición mientras se coloca el concreto lanzado.

Después de colocar el primer revestimiento de norte lanzado, (el mortero con agregado no mayor de 3/8”), se debe perforar una de las filas horizontales formada por agujeros de 100 milímetros de diámetro en las localizaciones predeterminadas, con una profundidad variable dada por el diseño, y con una inclinación descendente de 20 grados.

2.1.2. División 550: estructuras

Las estructuras se desglosan de una rama clásica de la ingeniería civil, ocupándose del diseño y cálculo en elementos y sistemas estructurales como edificios, muros, puentes, entre otros.

2.1.2.1. Sección 569: reparación de grietas en estructuras de concreto

La reparación de grietas en estructuras de concreto constituye la reparación de las mismas con los materiales aquí indicados. Este trabajo consiste en la reparación de grietas de concreto por medio de la inyección de epóxicos.

- Requisitos de construcción
 - Preparación de la grieta. El contratista debe notificar al delegado residente, por lo menos 14 días antes, la fecha de inicio de los trabajos de sellado de grietas. Se identificarán las áreas de trabajo y las ubicaciones de las grietas a ser reparadas serán marcadas.

Se debe remover toda la tierra, lechada y otros desechos del exterior e interior de las grietas. Se debe aplicar un material temporal para sello de superficie en los rostros de la grieta. Se debe utilizar un material para sello con una resistencia y una adhesión suficientes para confinar el material epóxico inyectado hasta que se cure.

Se deben proveer aberturas (puntos de entrada) en el sello de la superficie a lo largo de la grieta. La distancia entre los puertos de entrada debe ser por lo menos el espesor del miembro de concreto que está siendo reparado.

- Procedimientos de inyección. La inyección del epóxico debe iniciarse en el punto de entrada más bajo. La inyección en el primer punto debe continuar hasta que el epóxico comience a fluir fuera del siguiente punto más arriba. Se debe tapar el primer punto e inyectar epóxico en el segundo punto hasta que fluya del siguiente punto ubicado arriba.
- Esta secuencia debe continuar hasta que toda la grieta esté llena. Se debe utilizar un sistema epóxico de 2 componentes. La proporción de la mezcla debe mantenerse dentro del 5 por ciento en volumen, de la indicada por el fabricante, para cualquier presión de descarga que no exceda de 1,4 mega Pascales. No se deben utilizar solventes para diluirlo.

Ensayo para determinar la proporción adecuada: este ensayo debe ser ejecutado por cada unidad de inyección al inicio y al final de cada día en que se utilice la unidad.

Se debe desconectar la cabeza de mezclado del equipo de inyección y se deben bombear los dos componentes del adhesivo a través de un dispositivo de

verificación de la proporción con 2 boquillas, con válvulas independientes capaces de controlar la razón del flujo y presión de retorno por medio de apertura y cierre de válvulas en el dispositivo de verificación.

Se debe utilizar un calibrador de presiones capaz de percibir la presión de retorno detrás de cada válvula para ajustar descarga a 1,4 megapascales para los dos componentes del epóxico. Estos deben ser descargados simultáneamente dentro de contenedores separados calibrados. Se deben comparar las cantidades descargadas para determinar la proporción de la mezcla.

Después de completar el ensayo a una presión de descarga de 1,4 megapascales, se deben repetir los procedimientos sin aplicar presión en la descarga.

Ensayo para la verificación de presiones: este ensayo debe ser ejecutado por cada unidad de inyección al inicio y al final de cada día en que se utilice la unidad.

Se debe desconectar la cabeza de mezclado del equipo de inyección y adherir las dos líneas de suministro del componente adhesivo a un dispositivo de verificación de presiones con 2 boquillas, con válvulas independientes capaces de controlar la razón del flujo y la presión por medio de la apertura y cierre de las válvulas. Se debe utilizar un calibrado de presiones capaz de percibir la presión existente detrás de cada válvula.

Se deben cerrar las válvulas en el dispositivo de calibración de presiones y el equipo debe ser operado, hasta que la presión calibrada en cada línea sea de 1,4 megapascales. Cuando se detengan las bombas, el calibrador de presiones no debe bajar de 1,3 megapascales antes de transcurridos 3 minutos.

Obtención de testigos: se debe extraer un testigo de 50 milímetros de diámetro de acuerdo con AASHTO T 24 por cada 15 metros de grieta reparada en los puntos designados por el delegado residente.

La reparación de la grieta es aceptable si el testigo indica que el 90 por ciento o más de la grieta ha sido adherida con éxito.

2.1.2.2. Sección 570: recubrimientos protectores del concreto

Consisten en la aplicación de películas o membranas en las superficies de concreto o en la impregnación de estas, con el fin de aislarlas de la humedad, impermeabilizarlas contra el agua y en general para protegerlas contra los agentes exteriores que puedan causar su deterioro.

Deben cumplir con las especificaciones siguientes:

- Recubrimientos a base de resina epóxica. De clase I o clase II de acuerdo con AASHTO M 200.
- Recubrimientos a base de aceite de linaza cocido. De acuerdo con AASHTO M 233.

- Membranas bituminosas. Asfalto para capas impermeables bajo pavimentos de concreto hidráulico. De acuerdo con AASHTO M 238.
- Recubrimientos de membrana compuesta de fieltros o tejidos saturados con asfalto o alquitrán para impermeabilizar.
- Alquitrán de hulla para impermeabilizar. De acuerdo con AASHTO M 118 (ASTM D 450).
- Imprimador de creosota para uso con alquitrán para impermeabilizar. De acuerdo con AASHTO M 121 (ASTM D 43).
- Fieltro impregnado con asfalto. De acuerdo con ASTM D 226.
- Fieltro impregnado con alquitrán. De acuerdo a ASTM D 227.
- Tejido de algodón impregnado con asfalto o alquitrán. De acuerdo a ASTM D 173.
- Requisitos de construcción.

Aplicación de los recubrimientos protectores: cuando se requiera el empleo de recubrimientos para aislar de la humedad, impermeabilizar contra el agua, proteger el concreto nuevo o prolongar el servicio en concreto viejo, las superficies de concreto deben cubrirse con el tipo de recubrimiento indicado en los planos o en las disposiciones especiales, de acuerdo con los métodos recomendados por el fabricante del producto.

Preparación de las superficies de concreto: las superficies nuevas a cubrir deben estar secas, lisas y exentas de polvo o materiales sueltos, antes de aplicar cualquier tipo de recubrimiento.

La limpieza se puede hacer removiendo polvo, suciedad, escamas de lechada y adherencias por cepillado, lavado con agua, o sopleteado con arena a presión. El sopleteado con arena a presión es recomendable para obtener una buena adhesión, en caso de que se usen recubrimientos basados en resinas epóxicas.

Las superficies viejas parcialmente deterioradas, requieren la remoción de todo material suelto o dañado, por medio de picos, martillos quebrantadores u otro equipo mecánico apropiado. El polvo y partículas sueltas pueden limpiarse con agua, aire a presión o cepillado.

Métodos de aplicación: a fin de lograr los mejores resultados, se deben seguir las instrucciones y recomendaciones del fabricante, para el producto y tipo de recubrimiento de que se trate. La práctica común, para los diferentes recubrimientos es la siguiente.

Recubrimientos de resina epóxica: los materiales deben ser mezclados en las proporciones especificadas y deben usarse dentro de los límites de tiempo recomendados por el fabricante. La aplicación puede hacerse con brocha, rodillo, equipo rociador manual o mecánico.

La temperatura de la superficie del concreto debe ser no menor de 15 grados Celsius y la temperatura ambiente, en el momento de aplicación del compuesto epóxico debe estar entre 21 y 32 grados Celsius.

El equipo de aplicación debe limpiarse antes y después de cada uso, con solventes adecuados tales como tolueno o tricloroetileno.

Recubrimientos de aceite de linaza: el aceite de linaza puede aplicarse en forma de solución preferiblemente y por medio de brocha, rodillo o soplete. Para mejores resultados el concreto debe dejarse secar por 1 mes antes de aplicar el aceite de linaza. Para mantener una protección efectiva el tratamiento debe ser repetido cada 2 o 3 años.

Recubrimientos con alquitrán y asfalto: los recubrimientos para aislar de la humedad pueden ser hechos a base de una capa de imprimador de asfalto o creosota en caliente, seguida de 2 capas de asfalto o alquitrán para impermeabilizar, aplicadas en forma de solución o en caliente.

Debido a su poca resistencia a las radiaciones solares, efectos del clima y abrasión, estos tratamientos deben ser recubiertos con una mezcla bituminosa apropiada.

Antes de aplicar una capa, la anterior o la superficie de concreto deben estar secas. No debe aplicarse asfaltos o alquitranes a temperaturas menores de 15 grados Celsius o en tiempo lluvioso o húmedo.

- Medidas de seguridad. Deben adoptarse las medidas de protección para el personal que aplica los recubrimientos ya sea por medio de trajes, guantes o anteojos adecuados que pueden ser del tipo desechable, y tomarse las precauciones indicadas para manejo de productos inflamables o explosivos, según el caso.

- Trabajo defectuoso. Cualquier recubrimiento protector que se encuentre con fugas antes de la aceptación final del trabajo, debe ser reparado por cuenta del contratista.

2.1.3. División 600: estructuras de drenaje

Todas las obras físicas que suelen ser construidas en una carretera, con la finalidad de conducir las aguas sin causar daños, en algunas ocasiones es necesario desviarlas para evitar daños a los tramos de la carretera.

2.1.3.1. Sección 601: alcantarillas de tubos de concreto reforzado

Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas.

- Requisitos de los materiales

Tubos de concreto reforzado: deben de cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 170M (ASTM C 76) debiendo, en las disposiciones especiales, indicarse qué clase de tubo debe usarse.

- Fabricación de los tubos

Colocación del refuerzo: el refuerzo debe ser colocado en la forma estipulada por AASHTO M 170M (ASTM C76) para las clases de tubos requeridos en cada caso.

Curado: los tubos deben ser sometidos a alguno de los métodos de curado descritos a continuación o a una combinación de estos. Se podrán usar otros métodos con la aprobación del delegado residente. En cualquier caso el tiempo de curado debe ser el necesario para que alcancen la resistencia requerida.

Curado a vapor: los tubos se pueden colocar en una cámara de curado (se puede aprobar el uso de carpas de lona u otro tejido adecuado) libre de escapes y con atmósfera húmeda, mantenida a la temperatura y por el tiempo necesario para que los tubos alcancen la resistencia especificada.

El incremento de temperatura no debe exceder de 11 grados Celsius (20 grados Fahrenheit) por hora, hasta llegar a un máximo de 77 grados Celsius (170 grados Fahrenheit), a menos que el tubo tenga más de 5 horas de haber sido fabricado, en cuyo caso se permitirá un incremento de hasta 22 grados Celsius (40 grados Fahrenheit) por hora. La cámara debe construirse en forma tal que permita la libre circulación de vapor alrededor de los tubos.

Curado con agua: los tubos pueden ser curados por medio de rociado frecuente y continuo de agua u otros métodos que mantengan la humedad durante el período de curado. El tiempo mínimo de curado debe ser de 72 horas.

- Marcas y acabado de los tubos

Los tubos deben marcarse claramente así: la clase de tubo; fecha de fabricación y marca del fabricante. En los tubos circulares con refuerzo elíptico, se debe marcar claramente en uno de los extremos, el diámetro vertical

coincidente con el diámetro menor del refuerzo elíptico. Esta marca debe ser pintada con pintura a prueba de agua o grabada.

Los tubos deben estar libres de grietas largas y profundas, desportillamientos profundos y de rugosidades superficiales. Los planos de corte en los extremos del tubo deben ser perpendiculares al eje longitudinal.

- Pruebas, aceptación y rechazo de los tubos

Cada contratista o fabricante que suministre tubos, debe dar las facilidades necesarias para llevar a cabo las inspecciones y las pruebas requeridas en estas especificaciones generales.

Las pruebas se realizarán en un laboratorio de materiales acreditado para resistencia en los tubos. Es recomendable que cada planta cuente con el equipo necesario para realizar dichas pruebas.

El contratista será responsable de la ejecución de las pruebas y deberá permitir que el personal asignado de la supervisora esté presente durante la ejecución de las mismas.

También se debe proveer un área suficiente de piso resistente y liso para permitir la inspección de los tubos, tanto interior como exteriormente, que permita rodarlos por lo menos tres revoluciones completas. Los tubos deben conformarse a las dimensiones dadas en AASHTO M 170M.

Las variaciones de las medidas de los tubos son las siguientes: el diámetro interior no debe excederse en $\pm 1,5$ por ciento para tubos que tengan

diámetros de 305 a 610 milímetros (12" a 24") y no deben de exceder en ± 1 por ciento o de 9,5 milímetros ($3/8$ ") para tubos de diámetros mayores.

El espesor de las paredes de los tubos no debe ser menor del propuesto en el diseño en más de 5 por ciento o de 4,8 milímetros ($3/16$ ") en cualquier punto.

Las variaciones en el largo entre dos lados opuestos del tubo, no deben exceder de 10,4 milímetros /metro ($1/8$ " por pie) de diámetro, con un máximo de 16 milímetros ($5/8$ "). Las variaciones en la posición del refuerzo no deben exceder de ± 10 por ciento del espesor de la pared o de 13 milímetros ($1/2$ "). El recubrimiento neto del refuerzo no debe ser menor en ningún caso, de 13 milímetros ($1/2$ ") en cualquier punto.

- Pruebas de resistencia

El contratista debe efectuar pruebas sobre los tubos seleccionados al azar por el delegado residente. Los especímenes para prueba de resistencia, deben ser tubos que no serían rechazados por otras razones indicadas en estas especificaciones generales y deben estar secos cuando se prueben.

La edad de las muestras no debe exceder de 10 días de la edad del lote de tubos que representan.

Número de pruebas en caso de suministro de tubos por períodos extensos de tiempo: cuando las condiciones requieran envíos periódicos por lapsos extensos, el contratista deberá efectuar pruebas preliminares de no menos de tres por cada diámetro y clase requeridos.

Después de estas pruebas preliminares, el contratista deberá efectuar las pruebas adicionales que ordene el delegado residente, en el número y la oportunidad que juzgue necesario, siempre que el número total de tubos ensayados no exceda del 1 por ciento del total de los tubos suministrados.

En estos casos el delegado residente puede ordenar someter a la prueba de resistencia a compresión transversal, el número de tubos de cada diámetro y clase que juzgue necesario, siempre que el total no exceda del 2 por ciento del total de tubos suministrados.

Los tubos escogidos deben ser sometidos a la prueba de carga última de compresión transversal, por el método de tres aristas de acuerdo con AASHTO T 280.

Cuando la carga de prueba alcance el valor de la carga de agrietamiento dada en las tablas de AASHTO M 170M (ASTM C 76), para el diámetro y clase de tubo que se está probando, no debe haber grietas con un ancho mayor de 0,25 milímetros (0,01”).

La grieta será considerada de 0,25 milímetros (0,01”) de ancho, cuando la punta del calibrador de medida, penetre sin forzarlo, 1,6 milímetros ($\frac{1}{16}$ ”) a intervalos cercanos, en una longitud de grieta de 300 milímetros (1 pie).

El ancho de la grieta debe ser medido con un calibrador hecho de una hoja de acero de 0,25 milímetros (0,01”) de grueso, cortado en disminución de 25 milímetros por 100 milímetros ($\frac{1}{4}$ ” por pulgada) hasta terminar en una punta de 1,6 milímetros ($\frac{1}{16}$ ”) de ancho con esquinas redondeadas.

Los especímenes de prueba no deben ser cargados hasta su destrucción, si soportan sin agrietarse, una carga de 10 por ciento en exceso de la carga última especificada para cada clase de tubo.

El tubo debe ser aceptado en cuanto a resistencia, cuando los especímenes de prueba llenen los requisitos de la misma, dados en AASHTO M 170M (ASTM C 76) para carga al agrietamiento de 0,25 milímetros (0,01”) y para la carga última.

En el caso que algún espécimen no llene los requisitos de la prueba, se pueden probar dos adicionales por cada uno que falle y el tubo será aceptable únicamente cuando éstos reensayados llenen los requisitos de resistencia.

Con el objeto de realizar una inspección adecuada de la cantidad y forma de colocación del refuerzo, el delegado residente puede requerir la ejecución de ensayos no destructivos, tales como magnéticos, radiográficos, acústicos, entre otros, como alternativa la apertura de agujeros en los tubos terminados no deberá de exceder de uno por cada cincuenta tubos.

Los agujeros requeridos deben ser hechos por el contratista, cuando la fabricación sea en obra, o por el personal de la supervisora en la fábrica del proveedor, antes del acarreo y traslado a la obra. Para la inspección del refuerzo, se pueden usar los tubos que sirvieron para las pruebas de resistencia y absorción.

Los tubos se deben considerar aceptables, listos para su envío, cuando llenen los requisitos establecidos para las pruebas especificadas. La calidad de los materiales, el proceso de fabricación y el acabado de los tubos, se deben sujetar a la inspección y aprobación del delegado residente o directamente del

personal de la supervisora, en el caso que los mismos no sean fabricados en la obra.

Los tubos deben ser rechazados cuando no llenen cualquiera de las especificaciones requeridas. Además, los mismos individualmente pueden ser rechazados por cualquiera de las causas siguientes:

Fracturas o grietas que atraviesen totalmente el espesor de la pared, exceptuando a una sola grieta en el extremo, que no exceda del espesor de la junta, (la porción de los extremos del tubo que permite la unión entre dos).

Defectos que indiquen la mezcla o formaleteado imperfectos. La completa ausencia de señales de formaleta, indica posible deficiencia en el agua de mezcla del concreto, en los procesos de fabricación, en los cuales, la formaleta se ha quitado inmediatamente después que el concreto ha sido colocado.

- Requisitos de construcción

Los tubos deben ser colocados conforme se indica en planos, especificaciones generales y disposiciones especiales. Antes de colocar los tubos, el delegado residente debe comprobar que las zanjas han sido excavadas de acuerdo a las indicaciones que establecen los planos.

La colocación se debe principiar en el extremo de aguas abajo, con los extremos de campana o ranura en la dirección aguas arriba. Cuando se usen tubos de campana, se debe excavar en la superficie preparada, el espacio para acomodar la campana y para permitir un contacto firme del cuerpo del tubo en la superficie de cimentación. Los tubos deben ser encajados de tal manera, que

cuando se apoyen en la superficie de fundición, formen un fondo interior liso y uniforme.

Cuando se utilicen tubos circulares con refuerzo elíptico, o tubos elípticos con refuerzo circular, éstos deben ser colocados en tal posición que las marcas del eje vertical hechas en la fábrica, no estén desplazadas más de 5 grados, del plano vertical en dirección del eje longitudinal de la alcantarilla.

En los tubos de 910 milímetros (36”) de diámetro, con refuerzo elíptico, se debe colocar un entranquillado interior horizontal, para prevenir la formación de grietas durante la colocación y compactación del relleno a los lados del mismo.

Las juntas de los tubos de concreto deben ser calafateadas y llenadas con mortero o lechada espesa de cemento hidráulico, o utilizando otros tipos de unión tales como uniones de goma, juntas mecánicas, estopa o compuestos selladores plásticos.

El mortero de cemento hidráulico debe ser una mezcla volumétrica de una parte de cemento y tres partes de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

Las juntas se deben mojar completamente antes de hacer la unión con mortero. Antes de colocar la siguiente sección, las mitades inferiores de las campanas o ranuras de cada una, deben ser llenadas con mortero de suficiente espesor para permitir que la superficie interior quede a un mismo nivel. Después que la sección ha sido colocada, el resto de la junta debe ser llenada con mortero, usando suficiente mortero adicional para formar un anillo exterior alrededor de la junta.

El interior de la junta debe ser limpiado y alisado. Después del fraguado inicial, el mortero de los anillos exteriores en las juntas debe ser protegido del aire y del sol con una cubierta de tierra saturada de agua o un brin completamente mojado.

Para las juntas con lechada de cemento se deben emplear moldes u otros medios aprobados por el delegado residente para retener la lechada vertida o bombeada.

El tubo de la alcantarilla que no se encuentre en su verdadera alineación o que muestre asentamiento excesivo después de haber sido colocado, debe ser quitado y vuelto a colocar correctamente, sin ningún pago adicional.

No se debe efectuar ningún relleno sino hasta que el mortero o lechada de las juntas haya endurecido lo suficiente para que no sea fácilmente dañado.

2.1.3.2. Sección 602: tubos de drenaje de estructuras

Son conductos que se colocan para evacuar el agua de las superestructuras de los puentes, carreteras y otras obras viales, tales como: estribos, muros, muros de contención, taludes y otras.

- Materiales
 - Conductos de concreto no reforzado: deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 86M (ASTM C 14).

- Conductos de hierro fundido: deben ser de fundiciones de hierro, fundido gris clase 30, de acuerdo con AASHTO M 105.
 - Conductos de acero: deben cumplir con los requisitos de ASTM A 120.
 - Conductos rígidos de cloruro de polivinilo PVC: deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 278.
 - Conductos de polietileno (HDPE): deben cumplir con lo especificado en ASTM F 714. Esta debe ser fabricada de compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad.
- Requisitos de construcción

Los tubos de drenaje se deben colocar de acuerdo con lo indicado en los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales.

2.1.3.3. Sección 603: alcantarilla de material corrugado

Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales con el objeto de evacuar las aguas superficiales.

Las alcantarillas, por su forma, pueden ser tubos circulares o elípticos, tubos de arco (con fondo metálico) o arcos (con cimentación de concreto) todos fabricados con planchas estructurales.

- Materiales

Planchas estructurales de metal corrugado. Las planchas para estos elementos deben ser de las clases siguientes:

- Planchas estructurales de acero galvanizado. Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 167M.
- Planchas estructurales de aleación de aluminio. Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 219M.

Pernos de acero para planchas estructurales: los pernos de acero para planchas estructurales de acero o de aleación de aluminio deben cumplir con lo estipulado en AASHTO M 164M (ASTM A 325).

Recubrimientos para las alcantarillas de metal corrugado: según se especifique en los planos o en las disposiciones especiales, el recubrimiento de la tubería o tubería de arco, debe cumplir con uno de los siguientes:

Recubrimiento bituminoso: la alcantarilla debe tener una capa asfáltica en toda la superficie exterior y en la interior con un espesor mínimo de 1,27 milímetros, que cumpla con lo indicado en AASHTO M 190M, Tipo A.

Recubrimiento bituminoso con invert pavimentado: adicional al recubrimiento indicado en el inciso anterior, la alcantarilla debe tener un recubrimiento asfáltico en el 25 por ciento inferior de los tubos y, en el caso de tuberías de arco, en el 40 por ciento inferior.

Este recubrimiento asfáltico puede ser aplicado en el sitio del proyecto y debe cubrir 3,2 milímetros sobre las crestas de las corrugaciones, formando en esa forma una superficie lisa en el fondo cumpliendo con lo establecido en AASHTO M 190M, Tipo C.

Invert cubierto con concreto hidráulico: el invert puede ser cubierto con concreto simple o reforzado después de instalar la tubería o tubería de arco, de conformidad con lo establecido en ASTM A 849.

Recubrimiento con mastique asfáltico o con polímero: cuando no se requiera un Invert pavimentado con material asfáltico, el recubrimiento puede ser substituido por un recubrimiento de mastique asfáltico o un recubrimiento con polímero.

El mastique asfáltico o el polímero debe ser colocado en la superficie exterior de la tubería y no se necesita recubrir los interiores a menos que se establezca en las disposiciones especiales. El mastique asfáltico debe estar de acuerdo con AASHTO M 243 y debe tener un espesor mínimo de 1,27 milímetros.

La capa de polímero debe cumplir con lo indicado en AASHTO M 246 y se debe aplicar a la plancha galvanizada antes de la corrugación y el espesor no debe ser menor de 0,25 milímetros.

- Requisitos de fabricación

Además de cumplir con los detalles de fabricación especificados anteriormente, la alcantarilla completa debe mostrar un acabado cuidadoso en todos los aspectos.

Se rechazarán las alcantarillas en las cuales el revestimiento galvanizado haya sido dañado en la fábrica o durante el transporte o que muestre una fabricación defectuosa. Como tal, puede ser causa de rechazo, de no corregirse, la alcantarilla que tenga, entre otros, los siguientes defectos:

- Traslapes desnivelados
- Forma defectuosa
- Variación de la línea recta central
- Bordes dañados
- Pernos flojos o pernos y agujeros mal alineados o mal espaciados
- Marcas ilegibles
- Láminas o planchas de metal doblado o abollado

El sello de identificación debe ser puesto por el fabricante de las láminas o planchas, de tal manera que cuando se coloquen las alcantarillas, la identificación aparezca en el exterior de cada sección de alcantarillas anidables y en el interior de la alcantarilla de planchas estructurales.

La clase de metal básico debe ser designada independientemente de la marca de fabricación, en forma tal que permita identificarlo claramente.

Ninguna alcantarilla será aceptada, a menos que el metal esté identificado por un sello en cada sección que indique:

- Nombre del fabricante de las láminas o planchas
- Marca y clase del metal básico
- Calibre o espesor
- Peso del galvanizado

El contratista debe entregar al delegado residente, un certificado de garantía del fabricante estableciendo que todo el metal suministrado satisface las especificaciones requeridas.

Ningún metal será aceptado hasta que el certificado de calidad y garantía del fabricante haya sido entregado al delegado residente y aprobado por él.

Los tubos o planchas para alcantarillas se deben manejar, transportar y almacenar usando métodos que no los dañen. Los tubos averiados, a menos que se reparen a satisfacción del delegado residente, deben ser rechazados, aun cuando hayan sido previamente inspeccionados en la fábrica y encontrados satisfactorios.

La inspección de campo se debe hacer por el delegado residente, a quien el contratista le debe suministrar un informe detallado de las clases, de los tamaños, calibres o espesores, de las alcantarillas de cada embarque.

Esta inspección debe incluir un examen para determinar deficiencias en las medidas especificadas, deficiencias de fabricación, la obtención de muestras para análisis químico, pruebas físicas y determinación del peso del galvanizado.

- Requisitos de construcción

Las alcantarillas de metal corrugado deben ser colocadas conforme se indica en los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales.

Alcantarilla anidable: las uniones transversales de las secciones de la parte superior e inferior de la alcantarilla anidable deben ser alternas. Para

obtener extremos terminados en un plano vertical, se proveerán medias secciones para el principio y el final.

Tubo circular anidable: las alcantarillas circulares anidables, deben ser fabricadas en secciones normales semicirculares y provistas de pestañas salientes en un borde y de agujeros para los pernos, en ambos bordes. Las secciones de la parte superior y del fondo, deben ser intercambiables.

Tubo de arco anidable: las secciones de la parte superior y del fondo de las alcantarillas abovedadas anidables son de diferente forma. Las secciones de la parte superior deben ser de forma semicircular.

La mitad del fondo debe ser substancialmente plana y el riñón debe tener un radio mínimo de 100 milímetros. Ambos bordes deben estar provistos de pestañas salientes y de agujeros para los pernos.

Tubos circulares y elípticos, tubos de arco y arcos de planchas estructurales: los tubos circulares y elípticos, tubos de arco y arcos de planchas estructurales, deben ser hechos de planchas estructurales con las corrugaciones normales al eje de la sección.

Los agujeros para pernos en los bordes de las planchas que formarán las juntas longitudinales, deben ser hechos en forma alternada (en zigzag) en hileras a 50 milímetros de separación una de la otra con una hilera en el valle y otra en la cresta de la corrugación.

Colocación: antes de colocar las alcantarillas de metal corrugado, el delegado residente debe comprobar que las zanjas hayan sido excavadas de

acuerdo con los requisitos de la sección 205 y los lechos o superficies de cimentación conformados y terminados como se indica en los planos.

La colocación de las alcantarillas se debe principiar en el extremo de aguas abajo, cuidando que las pestañas exteriores circunferenciales y las longitudinales de los costados se coloquen frente a la dirección aguas arriba.

Las alcantarillas con recubrimiento en el invert, deben ser colocadas con dicho recubrimiento en la parte inferior.

Instalación de estructuras de planchas estructurales: el contratista debe suministrar una copia de las instrucciones de montaje antes de iniciar el ensamblaje. Las instrucciones deberán indicar la posición de cada plancha y el orden de montaje.

Cuando las aleaciones de aluminio queden en contacto con otros tipos de metal, se deberá revestir las superficies de contacto con mastique asfáltico o un componente para calafatear aprobado por el delegado residente.

2.1.3.4. Sección 604: alcantarillas de material plástico

Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas evitando en su totalidad la erosión del suelo y por consiguiente el desgaste de la compactación previamente realizada.

- Los materiales para la fabricación de las tuberías de material plástico deben cumplir con lo establecido a continuación:

- Tuberías corrugadas de polietileno tipo C y S: deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 294, excepto si se indica de otra manera en estas especificaciones. Las tuberías deben ser fabricadas de compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad (HDPE).
- Tuberías de polietileno nervuradas o celulares: deben cumplir con los requisitos de ASTM F 894 y deben ser fabricadas utilizando compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad (HDPE), excepto que se indique de otra forma en estas especificaciones.
- Compuestos de polietileno de alta densidad (HDPE). Los compuestos de HDPE utilizados en la fabricación de las alcantarillas deben estar dentro de los límites de clasificación para las propiedades primarias, según ASTM D 3350, indicadas en la siguiente tabla.

Tabla III. **Propiedades primarias de los compuestos de HDPE**

Propiedad	Límites
Densidad (ASTM D 1505)	0,941 a 0,955 gr/cm ³
Índice de derretimiento ⁽¹⁾ (ASTM D 1238)	< 1,00
Módulo de Flexión (ASTM D 790)	> 552 MPa
Resistencia a la tensión (ASTM D 638)	> 21 MPa
Resistencia a la aparición de grietas por cambios de temperatura (ASTM D 1693)	20 – 50 %
Base para el diseño hidrostático (ASTM D 2837)	< 11,03 MPa
Estabilizador ultravioleta	

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 604-2.*

La resina HDPE debe contener no menos de $2 \pm 0,5$ por ciento de estabilizador ultravioleta de carbón negro.

Compuestos de cloruro de polivinilo: los compuestos de PVC utilizados en la fabricación de alcantarillas deben estar dentro de los límites de clasificación para las propiedades primarias, según ASTM D 1784, indicadas en la siguiente tabla:

Tabla IV. **Propiedades de los compuestos PVC**

Propiedad	Límites
Resina base	Homopolímero de polivinilo de cloruro
Resistencia al impacto (Izod) (ASTM D 256)	< 800,7 J/m
Resistencia a la tensión (ASTM D 638)	> 41,4 MPa
Módulo de elasticidad (ASTM D 638)	> 2758 MPa
Temperatura de deflexión (ASTM D 648)	> 70 °C
Resistencia química	A, B o C (tabla 2, ASTM D 1784)

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 604-2.*

El residuo de la ignición de los compuestos HDPE y PVC no debe exceder de 30 por ciento, tal como se indica en ASTM D 2584, excepto que la temperatura del horno debe ser de 450 ± 25 grados Celsius.

- Empaques elastoméricos: deben cumplir con los requisitos para las aplicaciones de salto bajo descritos en ASTM F 477.

- Lubricante: el lubricante utilizado para el ensamblaje no debe tener defectos en el empaque o en la alcantarilla. Solo se deben utilizar lubricantes recomendados por el fabricante.
- Cementos solventes: los cementos solventes para la unión de la alcantarilla de PVC deben cumplir con lo indicado en ASTM D 2564.

El contratista debe suministrar al delegado residente un certificado de calidad para cada tipo de alcantarilla utilizada.

Este documento debe certificar que la alcantarilla de material plástico cumple con los requerimientos de la correspondiente especificación AASHTO o ASTM y debe indicar la resina, el peso unitario, la rigidez promedio de la alcantarilla y la fecha de fabricación.

- Espesor, rigidez y masa unitaria de la alcantarilla

El espesor de la pared de la alcantarilla corrugada de polietileno tipo C debe ser medido en el valle interior de la corrugación.

El espesor de la alcantarilla corrugada de polietileno tipo S debe ser el espesor del revestimiento interior medido entre los valles de las corrugaciones.

El espesor de la pared de la alcantarilla de polietileno nervurada o celular debe ser medido en la angostura entre las nervaduras.

El espesor de la pared de los distintos tipos de alcantarillas de polietileno, medido como antes se indica, debe ser igual o mayor que los espesores mínimos de la pared indicados en la segunda columna de la siguiente tabla.

Tabla V. **Espesor y rigidez de las alcantarillas de polietileno de alta densidad**

Diámetro Nominal (milímetros)	Espesor mínimo de la pared (milímetros)	Rigidez Mínima de la Alcantarilla (kPa)
300	0,9	345
375	1,0	290
450	1,3	275
525	1,5	260
600	1,5	235
675	1,5	205
750	1,5	195
900	1,7	150
1050	1,8	140
1200	1,8	125

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 604-3.*

El espesor de la pared nervurada o celular de la alcantarilla de PVC, medido en la angostura entre las nervaduras, debe ser igual o mayor que el espesor de pared mínimo indicado en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Espesor, rigidez y masa unitaria de las alcantarillas de PVC**

Diámetro Nominal (mm)	Espesor Mínimo de la Pared (mm)	Rigidez Mínima de la Alcantarilla (kPa)	Masa Unitaria Mínima (Kg./m)
450	2,41	220	9,5
525	2,67	190	12,4
600	2,92	165	15,2
675	3,18	150	18,3
750	3,43	130	22,0
900	3,94	110	29,9
1050	4,32	95	38,7
1200	4,83	80	48,4

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 604-3.*

La rigidez de la alcantarilla debe ser determinada de acuerdo con lo indicado en ASTM D 2412 a una deflexión del 5 por ciento. La rigidez promedio de la alcantarilla debe ser determinada en cada lote de fabricación, ensayando un mínimo de tres especímenes.

La longitud de cada espécimen de prueba debe ser igual al diámetro nominal de la alcantarilla, excepto que la longitud del espécimen no debe ser mayor de 900 milímetros para tuberías con un diámetro nominal mayor que 900 milímetros.

La rigidez promedio de la alcantarilla debe ser igual o exceder el valor mínimo de rigidez para cada clase y tamaño de alcantarilla plástica listado en las tablas anteriores.

La masa unitaria de la alcantarilla debe ser calculada como la masa promedio por metro de longitud determinada de los tres especímenes de prueba tomados de cada lote de fabricación. Cada espécimen de prueba para alcantarillas de 600 milímetros de diámetro y menos debe tener una longitud de dos diámetros. La longitud del espécimen de ensayo para alcantarillas con un diámetro mayor que 600 milímetros debe ser de un diámetro o un máximo de 900 milímetros, el que sea menor.

Tabla VII. **Masa unitaria de las alcantarillas de polietileno de alta densidad**

Diámetro Nominal (mm)	Masa Unitaria Mínima		
	Tipo C Corrugada (Kg./m)	Tipo S Corrugada (Kg./m)	Nervurada (Kg./m)
300	4,2	4,0	na
375	6,0	6,0	na
450	8,6	8,9	14,3
525	a	na	19,6
600	14,3	15,2	26,2
675	na	na	na
750	na	22,3	na
825	na	na	na
900	na	26,9	na

Nota: "na" indica que la alcantarilla de ese tamaño y tipo no está disponible en la fábrica o no ha sido aprobada para su uso.

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 604-4.*

2.1.3.5. Sección 605: subdrenajes

Es el drenaje de aguas subterráneas, que se construye de tuberías perforadas, geotextil y materiales pétreos para filtro, geocompuestos o simplemente de materiales pétreos (drenaje francés).

Geocompuesto: consiste en dos planchas interceptoras del agua subterránea conformadas por geotextiles no tejidos y georedes de polietileno. La geored es el medio drenante encargado de transportar el agua que pasa a través del filtro (geotextil).

El agua interceptada por las planchas interceptoras desciende y es interceptada en el fondo por una tubería envuelta en geotextil que la conduce a una caja o cabezal para sacarla al exterior. En algunos casos no se usa la

tubería sino que el agua es conducida directamente por el todo el sistema del geocompuesto.

- Materiales

Tubería de concreto poroso: esta debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 176M.

Tubería perforada de arcilla: esta debe cumplir con los requisitos de la Norma AASHTO M 65, excepto que se puede utilizar la tubería con extremo liso que cumpla con todos los requisitos de dicha norma.

Se podrán efectuar modificaciones en el diseño del extremo con campana para facilitar el posicionamiento de las perforaciones o la colocación de la tubería.

Dichas modificaciones deben ser aprobadas por el delegado residente antes de ser hechas. La tubería modificada debe cumplir con todos los requisitos relativos al comportamiento y a los ensayos indicados en AASHTO M 65.

Si se utiliza tubería con extremo liso, se deben usar acoples en las juntas, capaces de mantener la tubería en la alineación especificada.

Tubería perforada de concreto simple: esta tubería y sus acoples deben cumplir con los requisitos de la Norma AASHTO M 175 (ASTM C 14).

Tubería perforada corrugada de acero: esta tubería y sus bandas de acoplamiento deben cumplir con los requisitos de las Normas AASHTO M 36 y AASHTO M 218 con las modificaciones siguientes.

La tubería debe cumplir con cualquiera de los tipos circulares especificados en AASHTO M 36 y los agujeros deben ser perforados o punzonados. Las perforaciones deben ser localizadas en las crestas interiores.

El contratista debe suministrar al delegado residente un certificado de calidad emitido por el fabricante de las tuberías.

Para unir los tubos se pueden usar anillos de acoplamiento o encamisados con tornillos. Los anillos pueden ser de plástico o de acero galvanizado, adecuados para sostener firmemente la tubería en la alineación especificada, sin el uso de compuestos selladores o empaques.

Las propiedades mecánicas de las uniones deben ser tales que no permitan su distorsión bajo condiciones normales de uso.

Tubería perforada de material plástico: la tubería perforada plástica debe ser de pared exterior e interior lisa de cloruro de polivinilo (PVC), corrugada de cloruro de polivinilo (PVC) con pared interior lisa, corrugada de polietileno o de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

Las tuberías de pared lisa de cloruro de polivinilo (PVC) deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 278. La tubería corrugada de PVC con pared interior lisa debe cumplir con los requisitos del material y estructurales de AASHTO M 278.

La tubería corrugada de polietileno debe cumplir con los requisitos de la Norma AASHTO M 252 o M 294.

La tubería de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) debe cumplir con los requisitos de la Norma AASHTO M 264.

La tubería de PVC debe ser conectada con extremos de campana y espiga o con anillos de acoplamiento o de tope que cumplan con AASHTO M 278. La tubería de polietileno debe ser conectada con accesorios y acoples de traba, de rosca o encamisada que cumplan con AASHTO M 252 o AASHTO M 294.

Tubería perforada de aluminio: la tubería y sus acoples deben cumplir con los requisitos de la Norma AASHTO M 196 con las siguientes modificaciones. La tubería debe ser tipo III y los agujeros deben ser perforados o punzonados. El espesor mínimo de la lámina debe ser de 1,52 milímetros.

Los acoples pueden ser plásticos o de aluminio, capaces de sostener la tubería en su posición sin el uso de compuestos selladores o empaques. Las propiedades mecánicas de los acoples deben ser tales que no permitan su distorsión bajo condiciones normales de uso.

Agregado para subdrenaje sin geotextil: el agregado debe ser arena natural limpia y libre de materia orgánica o un producto elaborado compuesto de partículas de piedra sin revestimiento, limpias, duras, durables y libres de terrones de arcilla y materia orgánica. El agregado debe cumplir con la graduación indicada en la siguiente tabla.

Tabla VIII. **Graduación para agregado fino (AASHTO M 6)**

Tamices AASHTO M 92		Porcentaje total que pasa
$\frac{3}{8}$ "	(9,50 mm)	100
N° 4	(4,75 mm)	95-100
N° 8	(2,36 mm)	80-100
N° 16	(1,18 mm)	50-85
N° 30	(0,600 mm)	25-60
N° 50	(0,300 mm)	10-30
N° 100	(0,150 mm)	2-10

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 605-3.*

Agregado para subdrenaje con geotextil. El agregado para subdrenaje con geotextil debe consistir en piedra triturada, grava triturada o simplemente grava.

Las partículas deben ser duras y durables, de calidad uniforme, libres de exceso de piedras alargadas o delgadas, deben estar limpias exentas de arcilla u otras sustancias perjudiciales.

El agregado debe cumplir con cualquiera de las graduaciones indicadas en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Graduación para agregado grueso**

Tamices AASHTO M 92		Porcentaje total que pasa		
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
$1 \frac{1}{2}$ "	(38,1 mm)	100		
1"	(25,0 mm)	95-100	100	
$\frac{3}{4}$ "	(19,0 mm)		90-100	100
$\frac{1}{2}$ "	(12,5 mm)	25-60		90-100
$\frac{3}{8}$ "	(9,50 mm)		20-55	40-70
N° 4	(4,75 mm)	0-10	0-10	0-15
N° 8	(2,36 mm)	0-5	0-5	0-5

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 605-3.*

El geotextil debe ser diseñado para permitir el paso del agua mientras retiene el suelo en el sitio sin apelmasarse. Adicionalmente, el geotextil debe cumplir con las características de supervivencia durante la instalación.

Tabla X. **Requerimientos físicos para geotextil en función de drenaje subterráneo**

Propiedades	Método de ensayo ASTM	Un.	Especificaciones					
			< 15	15 a 50	> 50	< 15	15 a 50	> 50
			Geotextil Clase 2			Geotextil Clase 3		
			Tipo I-A	Tipo I-B	Tipo I-C	Tipo I-D	Tipo I-E	Tipo I-F
Resistencia a la Tracción Grab	D 4632	N	1100/700	1100/700	1100/700	800/500	800/500	800/500
Resistencia de la costura	D 4632	N	990/630	990/630	990/630	720/450	720/450	720/450
Resistencia al Desgarre	D 4533	N	400 ⁽³⁾ /250	400 ⁽³⁾ /250	400 ⁽³⁾ /250	300/175	300/175	300/175
Resistencia a la Perforación	D 4833	N	400/250	400/250	400/250	300/175	300/175	300/175

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 605-4.*

- Subdrenaje de drenaje francés
 - Material para drenaje francés: este material puede ser piedra de canto rodado, material de cantera o material de desechos adecuado, pero teniendo siempre el cuidado de no usar material deleznable o que esté recubierto de grumos o terrones de arcilla, pudiendo ser de cualesquiera forma y dimensiones. Este material no debe tener ninguna granulometría definida.
 - Capa impermeable: sobre las capas de material para filtro, se debe colocar una capa de material impermeable de preferencia arcilla o cualquier otro, que garantice un buen recubrimiento, que evite cualquier deterioro de las capas del material de filtro.

Geocompuestos para sub drenaje: consiste en el suministro de un núcleo de drenaje con geotextil para drenaje subterráneo adherido a, o encapsulando el núcleo. Debe incluir los accesorios y materiales necesarios para empalmar una lámina, panel o rollo al siguiente, así como, para conectar el geocompuesto de drenaje al colector o tubería de salida o desfogue.

Para el núcleo del drenaje se deben utilizar polímeros sintéticos de cadena larga compuestos de por lo menos 85 por ciento en masa de polipropileno, poliéster, poliamida, cloruro de polivinilo, poliolefina o poliestireno.

El núcleo se debe fabricar en láminas, paneles o rollos con la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos producidos durante la instalación, así como durante las condiciones de carga a largo plazo.

El espesor del núcleo se debe construir mediante columnas, conos, nudos, cúspides, mallas, filamentos rígidos u otras configuraciones.

El flujo horizontal y vertical del agua dentro del núcleo debe interconectarse en todo momento a lo largo de la altura del núcleo. El núcleo del drenaje, con el geotextil encapsulándolo totalmente, debe proveer una razón de flujo mínimo de 1 litro por segundo por metro de ancho cuando se ensaye de acuerdo con la Norma ASTM D 4716 bajo las siguientes condiciones de ensayo:

- Espécimen de 300 milímetros de longitud
- Carga aplicada de 69 kilopascales
- Gradiente de 0,10
- Período de asiento de 100 horas
- Banda de esponja de celda cerrada entre las platinas y el geocompuesto

Se debe adherir firmemente el geotextil al núcleo de manera que no se formen dobleces, arrugas ni ocurra otro tipo de movimiento durante el manejo o después de la colocación.

Se debe alcanzar la adherencia necesaria utilizando adhesivo insoluble en agua, sellador en caliente u otro método recomendado por el fabricante. No se debe utilizar adhesivo en áreas del geotextil en las cuales ocurrirá el flujo.

Si se utiliza sellador en caliente, no se debe debilitar el geotextil a valores de resistencia más bajos que los requeridos. Se debe extender la tela geotextil debajo de la parte inferior del núcleo con una longitud suficiente para recubrir completamente la tubería colectora.

- Requisitos de construcción

El número y tamaño de las perforaciones y la distribución de estas en hileras debe ser el siguiente:

Tubería perforada de arcilla: las perforaciones deben ser circulares y cortadas limpiamente, de 6 milímetros de diámetro, en filas espaciadas 75 ± 6 milímetros centro a centro y paralelas al eje longitudinal de la tubería.

Las filas deben estar arregladas en dos grupos iguales a cada lado de la línea vertical central de la tubería. Las filas de perforaciones inferiores deben estar separadas por un arco de 90 grados medidos a través del fondo de la tubería.

Las filas superiores deben estar separadas por un arco de 200 grados, medidos a través de la parte superior de la tubería. El espaciamiento de las filas dentro de estos límites debe ser uniforme.

El número total de filas de perforaciones para tuberías de 100, 150 y 200 milímetros debe ser 4; para tuberías de 250, 300 y 375 milímetros debe ser 6; y para 450, 525 y 600 milímetros debe ser 8.

Tubería perforada de concreto. Tipo 1: las perforaciones deben ser circulares, de no más de 8 milímetros de diámetro ni menos de 5 milímetros y arregladas en filas paralelas al eje de la tubería. Las perforaciones deben estar espaciados 75 milímetros centro a centro a lo largo de las filas.

El número total de filas debe ser el indicado en la siguiente tabla. Las filas deben estar espaciadas no más de 165 grados de circunferencia. Las filas deben posicionarse simétricamente respecto a la parte superior y a la inferior de la tubería.

Tabla XI. **Diámetros nominales en función de número de perforaciones**

Diámetro interior designado (en mm)	Número de filas de perforaciones
100	4
150	4
200	4
250	6
300	6
350	6
375	6
400	6
450	8
500	8
525	8
600	8
675 y mayores	Espaciar las filas a aproximadamente 150 mm

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 605-6.*

Tubería perforada de concreto. Tipo 2: las ranuras deben tener dirección circunferencial, con no más de 5 milímetros ni menos de 3 milímetros de ancho y de las longitudes indicadas en la siguiente tabla.

Debe haber dos filas de ranuras, espaciadas 165 grados y centradas, en el caso de tuberías con refuerzo elíptico, alrededor del eje menor del refuerzo.

Tabla XII. **Diámetros interiores, longitudes y espaciamientos**

Diámetro interior designado (mm)	Longitud de la ranura (mm)	Espaciamiento de las ranuras (mm)
100	25	75
150	38	75
200	50	100
250	50	100
300	75	150
350	75	150
375	75	150
400	75	150
450	75	150
500	75	150
525	75	150
600	75	150
675 y mayores	100	150

Fuente: *Libro Azul de Caminos*. p. 605-6.

Tubería perforada corrugada de acero. Las perforaciones deben ser aproximadamente circulares y cortadas limpiamente. Deben tener diámetro nominal de no menos de 4,8 milímetros y no más de 9,5 milímetros y deben estar arregladas en filas paralelas al eje de la tubería.

Las perforaciones se deben ubicar en las crestas interiores o a lo largo del eje neutro de las corrugaciones, con una perforación en cada fila para cada corrugación.

Las filas de perforaciones deben estar arregladas en dos grupos iguales colocados simétricamente a cualquier lado de un segmento inferior no perforado correspondiente a la línea de flujo de la tubería. El espaciamiento de las filas debe ser uniforme. La distancia centro a centro de las filas no debe ser menor de 25 milímetros.

El número mínimo de filas, la altura máxima de las líneas centrales de las filas superiores medidas desde la parte inferior del invert (H) y las longitudes de la cuerda interior de los segmentos no perforados (L), deben ser los indicados en la siguiente tabla. Ver siguiente tabla.

Tabla XIII. **Perforación corrugada de acero**

Diámetro interior (mm)	Filas de perforaciones	H máx. (mm)	L mín. (mm)
100	2	46	64
150	4	69	96
200	4	92	128
250	4	115	160
300	6	138	192
400	6	184	256
450	6	207	288
500	6	230	320
600 y mayores	8		

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 605-7.*

Tubería perforada de aluminio: las perforaciones deben ser circulares y cortadas limpiamente y deben tener un diámetro nominal no menor de 4,8 milímetros ni mayor de 9,5 milímetros. Las perforaciones se deben localizar en las crestas interiores o a lo largo del eje neutro de las corrugaciones, con una perforación en cada fila para cada corrugación.

Las filas de perforaciones deben estar arregladas en dos grupos iguales colocados simétricamente a cualquier lado de un segmento inferior no perforado correspondiente a la línea de flujo de la tubería. El número mínimo de filas, la altura máxima de las líneas centrales de las filas superiores medidas desde la parte inferior del invert (H) y las longitudes de la cuerda interior de los segmentos no perforados (L) deben ser los indicados en la siguiente tabla.

Tabla XIV. **Perforación de tubería en aluminio**

Diámetro interior (mm)	Filas de Perforaciones	H máximo (mm)	L mínimo (mm)
100	2	46	64
150	4	69	96
200	4	92	128
250	4	115	160
300	6	138	192
400	6	184	256
450	6	207	288
500	6	230	320
600 y mayores	8		

Fuente: *Libro Azul de Caminos*, p. 605-7.

Tubería perforada de material plástico: las perforaciones deben ser circulares con un diámetro entre 4,8 y 9,5 milímetros, arregladas en filas paralelas al eje de la tubería.

Las perforaciones deben estar espaciados 76 milímetros centro a centro a lo largo de la fila. Las filas de perforaciones deben estar arregladas en dos grupos iguales colocados simétricamente a cualquier lado del segmento inferior no perforado, correspondiente a la línea de flujo.

El espaciamiento de las filas debe ser uniforme. La distancia entre centros de filas no debe ser menor de 25 milímetros. El número mínimo de filas, la

altura máxima de las líneas centrales de las filas superiores medidas desde la parte inferior del invert (H) y las longitudes de la cuerda interior de los segmentos no perforados (L) deben ser los indicados en la siguiente tabla.

Tabla XV. **Perforación de tubería en material plástico**

Diámetro interno (mm)	Filas de perforaciones	H, máx. (mm)	L, mín. (mm)
100	2	46	64
150	4	69	96
200	4	92	128
250	4	115	160
300	6	138	192
375	6	172	240

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 605-8.*

- Colocación
 - Material para drenaje francés

Este material puede ser piedra de canto rodado, material de cantera o material de desechos adecuado, pero teniendo siempre el cuidado de no usar material deleznable o que esté recubierto de grumos o terrones de arcilla, pudiendo ser de cualquier forma y dimensiones. Este material no debe tener ninguna granulometría definida.

Después que la excavación haya sido terminada de acuerdo con la línea y pendiente dada, se debe colocar en forma tal que las piedras de mayores dimensiones, queden en el fondo de la excavación y colocar hacia arriba consecutivamente las de dimensiones menores en forma decreciente y a continuación el material fino.

Las piedras que van apoyadas en el fondo de la excavación, deben tener por lo menos en su dimensión menor, un tamaño de un 35 por ciento del ancho de la excavación para que en conjunto con la capa inmediata superior, formen un canal en el fondo de la excavación.

Para drenaje francés, las pendientes deben ser 0,3 por ciento mínimo y 0,5 por ciento máximo.

- Subdrenaje con geotextil (con o sin tubería perforada)

El geotextil para filtro debe ser colocado después de haber sido terminada la excavación, recubriendo el fondo y las caras laterales de la zanja hasta una altura igual a la altura del filtro de agregado grueso y cubriendo totalmente la parte superior del mismo.

La superficie donde se colocará la tela debe estar libre de materiales extraños y sueltos de objetos cortantes que puedan dañar el geotextil durante su instalación.

El geotextil se debe colocar suelto (no tenso), sin arrugas ni pliegues. Se debe tener especial cuidado para evitar que queden espacios vacíos entre el geotextil y la zanja.

Los rollos adyacentes de geotextil deben ser traslapados un mínimo de 500 milímetros. El nuevo rollo siempre deberá ir por debajo del antiguo, en el sentido del flujo.

Si se daña el geotextil durante la colocación, la sección rota o punzonada debe ser reemplazada totalmente o reparada colocando un parche lo

suficientemente grande para cubrir el área dañada y que llene los requisitos de traslape.

Los daños hechos al geotextil, resultantes de las operaciones del contratista, de sus vehículos o de su equipo, deben ser reparados o el geotextil reemplazado, a su costa.

- Tubería perforada

Cuando se indique en los planos, la tubería perforada se debe colocar después de colocar el geotextil y sobre una cama, de 50 milímetros de espesor, de material granular. La capa de material granular servirá para acuñar perfectamente el geotextil al fondo y paredes de la zanja para evitar que queden espacios vacíos entre el geotextil y la zanja.

La colocación se debe principiar en el extremo de aguas abajo, con los extremos de campana o ranura en la dirección aguas arriba. La tubería perforada se debe colocar de tal manera, que no haya perforaciones en la mitad superior de ella. La tubería de metal corrugado se debe asegurar, sujetándola con fajas o pernos de acoplamiento.

La tubería perforada se debe conectar a los pozos de visita, tragantes y similares, según lo requieran los planos o lo ordene el delegado residente; y se debe hacer la conexión o salida construyendo un cabezal apropiado.

- Material granular

El material granular se colocará en capas con el espesor autorizado por el delegado residente y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la zanja.

Para las condiciones normales de colocación, la altura máxima de caída del material no debe exceder de 1,0 metro. El relleno se llevará a cabo hasta la altura indicada en los planos o autorizada por el delegado residente.

Completado el relleno del filtro con el material granular, se harán los traslapes del geotextil. El geotextil debe ser cubierto inmediatamente con el suelo proveniente de la excavación, si este no es inadecuado.

Este material se debe compactar en capas sucesivas con un espesor no mayor de 100 milímetros hasta alcanzar la altura requerida en los planos. Si el material es inadecuado, se deberá obtener material de relleno de otro lugar.

- Geocompuestos

Cuando así este indicado su uso en los planos, se debe extender la manga del geocompuesto para introducir la tubería perforada. El geocompuesto debe ser colocado de manera que no se restrinja el flujo a través del núcleo.

No se debe colocar geocompuestos contra un mortero de menos de 4 días de edad. El geocompuesto ya ensamblado con el tubo debe ser colocado dentro de la zanja del subdrenaje con el rostro del geocompuesto contra el lado de la zanja donde fluye el agua.

El geocompuesto se anclará al terreno natural de tal forma que no se vaya a deslizar.

Para su anclaje se utilizarán ganchos metálicos. Si la pared de la zanja es irregular, ésta debe ser alisada ó se debe colocar una capa de material granular entre el geocompuesto y la pared de la zanja.

Se utilizará como material de relleno de la zanja el mismo suelo de la excavación. Si este suelo presenta un índice de plasticidad mayor a 7, se reemplazará por otro material de mejor calidad.

2.1.3.6. Sección 606: drenajes horizontales

Son los drenajes de tubería perforada, colocados a presión dentro de los taludes de excavación de la carretera y para drenaje de estos. Es común utilizar este tipo de drenajes para controlar las capas freáticas.

- **Materiales**

Los drenajes horizontales deben ser de acero corrugado, de polietileno o de cloruro de polivinilo (PVC) y deben cumplir con los requisitos de las especificaciones AASHTO M 36, AASHTO M 252 o M 294 y AASHTO M 278, respectivamente y con lo indicado en 605,03 (d) y (e) de estas especificaciones generales.

- **Requisitos de construcción**

Las perforaciones de los tubos para los drenajes horizontales podrán consistir en agujeros o en ranuras.

La tubería ranurada debe tener dos filas de ranuras. Las filas deben estar en la dirección longitudinal de la tubería y las ranuras deben ser cortadas en dirección circunferencial. Las filas deben estar centradas en 2 de los puntos terceros (separadas 120°) de la circunferencia.

Cada fila de ranuras debe cumplir con una de las configuraciones indicadas en la tabla siguiente.

Tabla XVI. **Configuración para tuberías con ranuras**

N° de ranuras /m	Ancho de las Ranuras (mm)	Área mínima total de las ranuras /m (mm ²)
69-75	1,27	2110
72-78	0,51	975
148-154	0,25	975

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 606-1.*

El delegado residente determinará la configuración a utilizar. Las ranuras deben estar espaciadas uniformemente a lo largo de la tubería. El área mínima debe ser medida en la superficie interna de la tubería.

La tubería perforada debe tener 3 filas de perforaciones con una fila a cada lado de la tubería (separadas 120°) y la tercera en la parte superior.

Las perforaciones deben tener un diámetro de 10 milímetros y deben estar espaciadas a 75 milímetros entre centros con las perforaciones en la parte superior alternadas en relación con las perforaciones laterales. En la salida del drenaje se debe colocar un tramo de tubería sin perforar con una longitud tal que el agua no se derrame sobre el talud.

- Colocación

Los sitios de ubicación de los drenajes horizontales, deben ser establecidos mediante observaciones que se ejecuten durante el proceso de construcción de la carretera, según lo ordene el delegado residente.

Los largos y diámetros de las tuberías, deben ser determinados por observaciones y mediciones necesarias, ejecutadas para cada caso en particular por el delegado residente.

La forma y procedimientos de colocación, pueden ser por medios manuales o mecánicos, usando la mano de obra y equipo más adecuado y lo indicado en los planos.

Simultáneamente con la introducción de la tubería dentro del talud, se debe extraer el material que se va depositando en su interior, para ayudar a la colocación y también para garantizar un buen funcionamiento hidráulico de la misma posteriormente.

Los drenajes horizontales instalados en las terrazas de los taludes de corte deben ser completados antes de efectuar cualquier excavación a más de 12 metros por debajo de la elevación de la terraza donde se instalará el drenaje.

Las perforaciones horizontales guía deben ser barrenadas con equipo rotativo capaz de perforar agujeros con un diámetro de 75 a 150 milímetros y con una longitud de hasta 20 metros dentro de la roca o el suelo.

La tubería debe ser instalada empujándola dentro de la perforación con las ranuras o perforaciones en la parte superior o, a opción del contratista, debe ser

instalada insertando la tubería dentro de la varilla de perforación y luego retirando la varilla de manera que el agujero perforado quede entubado en toda su longitud.

La operación de entubado del agujero perforado debe ser hecha de tal manera, que el entubado forme una tubería continua sin reducciones de diámetro y sin daños de tal magnitud que la eficiencia del drenaje se vea disminuida.

El espacio entre el agujero perforado y la tubería debe ser rellenado firmemente con suelo por una longitud de por lo menos 0,6 metros medidos a partir del extremo de salida del agujero. Se debe utilizar tubería sin perforar en los últimos 3 a 6 metros del extremo de salida.

El espacio entre el suelo y la tubería sin perforar de los 3 metros medidos a partir de la salida debe ser sellado utilizando un material impermeable aprobado. No se debe sellar el espacio entre el suelo y la tubería ranurada. Los extremos de salida de todos los drenajes horizontales deben ser equipados con los accesorios necesarios para conectarlos con el sistema colector.

2.1.3.7. Cajas y cabezales para alcantarillas

Son las estructuras de concreto ciclópeo, concreto clase 17,5 mega Pascales (2 500 psi), mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque, colocadas en los extremos de las alcantarillas (entrada y salida), para encauzar el agua y protección de la carretera.

- Requisitos de construcción

La profundidad de cimentación debe ser la indicada en los planos. Si por alguna razón se suspende la fundición en un punto tal que el concreto haya alcanzado su fraguado, en el punto donde se interrumpa se debe hacer una junta de construcción.

Para que las siguientes capas de concreto queden bien unidas, se deben dejar llaves formadas por piedras angulosas en el caso del concreto ciclópeo u otras recomendadas para estos casos.

A las superficies de las cajas y cabezales de concreto clase 17,5 megapascales (2,500 psi) o ciclópeo, no se les debe dar un acabado especial, sino que el rústico dejado por las formaletas, si los planos no indican otra cosa.

2.1.3.8. Sección 608: cunetas revestidas

Son los canales, situados a ambos lados de la línea central de la carretera, recubiertas de: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

- Materiales
 - Piedra ligada con mortero

La piedra para el revestimiento de las cunetas, puede ser canto rodado o material de cantera labrada o no labrada. También se puede usar residuos de pavimento de concreto.

La piedra debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar la perfecta adherencia del mortero.

Las piedras pueden ser de cualquier forma, pero una de sus superficies debe ser aproximadamente plana, de un decímetro cuadrado de área y un espesor no menor de 100 milímetros.

En caso de usar canto rodado, no debe tener necesariamente alguna de las superficies plana; pero en todo caso el material a usar debe ser aprobado por el delegado residente.

- Concreto simple prefundido

La mezcla asfáltica para revestimiento de cunetas, debe consistir en concreto asfáltico en caliente mezclado en planta, con el requisito de que se use cemento asfáltico 60-70 u 85-100 AASHTO M 20 o AC 10 AASHTO M 226, o bien mezcla en frío, pudiendo usar asfalto rebajado MC 70 AASHTO M 82.

- Requisitos de construcción

- Piedra ligada con mortero

Las superficies de las piedras, se deben humedecer antes de colocarlas, para quitar la tierra, arcilla o cualquier materia extraña; deben ser rechazadas las piedras cuyos defectos no se puedan remover por medio de agua y cepillo.

Las piedras limpias se deben ir incrustando cuidadosamente sobre la superficie del terreno debidamente preparado, con las superficies planas si las tiene hacia el exterior.

La separación entre piedra y piedra no debe ser menor de 30 milímetros ni mayor de 50 milímetros, las cuales deben quedar completamente llenas de mortero. Las piedras se deben manipular en tal forma, que no golpeen a las ya colocadas para que no alteren su posición.

No se debe permitir rodar o dar vuelta a las piedras sobre la cuneta, ni golpearlas o martillarlas una vez colocadas. Si una piedra se afloja después de que el mortero haya alcanzado el fraguado inicial, se debe remover la piedra y el mortero circundante, y colocarla de nuevo.

Elaboración y colocación de mortero: el mortero colocado en las juntas debe penetrar 13 milímetros debajo de la superficie. Se debe remover el mortero en exceso de la superficie.

Las cunetas se deben mantener húmedas durante 6 horas después de haber sido terminadas. No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre las cunetas terminadas, por lo menos durante 2 días después de haber terminado el trabajo.

Concreto simple fundido en sitio: se debe colocar el concreto, principiando en el extremo de la cuneta a revestir y avanzando en el sentido ascendente de la pendiente de la misma. Se deben dejar juntas de construcción a cada 2 metros, con un espesor de 3 milímetros.

Se debe tener cuidado en la colocación de la formaleta y al colocar el concreto se deben nivelar bien las superficies para que la cuneta quede con la verdadera forma y dimensiones indicadas en los planos. El espesor mínimo de la cuneta debe ser de 70 milímetros.

Mezclas asfálticas. Antes de la colocación de las mezclas, siempre se debe verificar alineamiento, sección y pendiente para que estén de acuerdo con los planos; se debe retirar de las cunetas todo material suelto o extraño que se encuentre sobre la superficie de las mismas y al colocar la mezcla dar la compactación debida. El espesor mínimo del concreto asfáltico mezclado en caliente debe ser de 30 milímetros y el de mezcla en frío de 40 milímetros.

2.1.3.9. Sección 609: bordillos

Son las estructuras de concreto simple, que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera para el encauzamiento de las aguas, sobre todo en las secciones en relleno así como para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario.

- **Materiales**

El bordillo debe ser de concreto clase 17,5 megapascales (2,500 psi).

- **Requisitos de construcción**

Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de los bordillos, deben ser los indicados en los planos incluyendo la elaboración, colocación y curado del concreto, la construcción, colocación y remoción de la formaleta.

Los bordillos se pueden construir por medios manuales o por medio de equipo fabricado especialmente para esta clase de trabajo.

Si el bordillo es construido a mano, debe tener juntas de dilatación cada 10 metros como máximo y de un espesor máximo de 15 milímetros. En el caso de ser construido con equipo especial, solamente se deben requerir ranuras del espesor indicado anteriormente, cada 2 metros y en la parte superior del mismo.

Cuando el bordillo se construye adyacente o con un pavimento de concreto hidráulico las juntas de dilatación deben coincidir con las del pavimento.

2.1.3.10. Sección 610: capa filtrante

Es el material especial que se coloca sobre los taludes debajo del zampeado, para evacuar el agua que se acumula en esos lugares. El método es funcional ya que el paso de agua es a través de un sub drenaje subterráneo.

- **Materiales**

Los materiales para la construcción de la capa filtrante deben cumplir con lo establecido en las siguientes secciones: La arena para el relleno permeable debe cumplir con los requisitos de la Norma AASHTO M 6, clase B.

El contratista debe suministrar grava o piedra triturada dura y durable que cumpla con los requisitos de graduación de la siguiente tabla.

Tabla XVII. **Requisitos de graduación de la capa filtrante**

Tamaño del Tamiz	Porcentaje en masa que pasa el Tamiz (AASHTO T 11 Y T 27)
75,0 mm	100
19,0 mm	50-90
4,75 mm	20-50
0,075 mm	0-2

Fuente: *Libro Azul de Caminos. p. 610-1.*

- **Requisitos de construcción**

Antes de colocar los materiales de la capa filtrante, se debe nivelar y compactar la superficie. Posteriormente se deben colocar los materiales de la capa filtrante cuidadosamente, de tal manera que se construyan capas bien conformadas y de espesor uniforme.

El material fino debe quedar en contacto con el terraplén de los taludes o subrasante y a continuación el material grueso sobre el cual va colocado el zampeado o pavimento.

2.1.3.11. Sección 611: limpieza, reutilización o remoción de estructuras de drenaje existentes

Esta operación tiene por objeto, conservar en las mejores condiciones posibles, las diferentes estructuras de drenaje existentes para su óptimo funcionamiento.

- Requisitos de construcción

El contratista deberá hacer, como mínimo, una limpieza completa de las estructuras de drenaje existentes al inicio de la construcción de la obra y otra al finalizar la misma.

Después de la limpieza inicial, el contratista deberá hacer el reacondicionamiento o reparación de todas aquellas partes de las estructuras que deban ser reacondicionadas, de acuerdo a las características específicas de cada proyecto, según se establezca en las disposiciones especiales.

En el caso de que algunas unidades de la tubería existente puedan ser reutilizadas, dichas partes serán retiradas cuidadosamente, se limpiará todo material de desecho existente tanto en el cuerpo, como en los extremos de las uniones.

Las unidades recuperadas una vez limpiadas deberán ser almacenadas para su posterior reutilización.

2.1.4. División 700: construcciones complementarias

Las obras de drenaje, elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de una vía de comunicación vehicular provocada por el agua y humedad. De estas obras complementarias dependerá la facilidad de acceso y vida de la carretera.

2.1.4.1. Defensas para carreteras

Son las estructuras de madera, concreto reforzado prefundido, concreto preesforzado o de metal, formadas por postes (miembros verticales) y rieles (miembros horizontales), colocados a los lados de la carretera y/o puentes para prevenir accidentes y disminuir la gravedad como consecuencia de los mismos.

- **Materiales**

Los postes y rieles de madera pueden ser de cualquiera de las especies indicadas en los planos, o recomendadas en estas especificaciones generales. La madera a usar debe estar de acuerdo con los requisitos, recomendados en la Norma AASHTO M 168.

Siempre que no se indique de otra manera en los planos, las secciones de los postes deben ser rectangulares o circulares. El lado mínimo de la sección de los postes rectangulares, así como el menor diámetro aceptable para los postes circulares, debe ser de 150 milímetros.

La sección del riel debe ser rectangular y ninguno de sus lados debe ser menor de 150 milímetros, ni mayor de 300 milímetros. Los postes y rieles de madera deben ser fabricados de acuerdo con los detalles mostrados en los planos.

Postes y rieles de concreto reforzado prefundido: Los postes y rieles deben ser prefundidos y el concreto debe ser clase 21 (3 000), salvo que se especifique lo contrario en los planos.

Los postes deben tener como mínimo 150 milímetros por lado y el refuerzo mínimo debe ser de 4 barras con estribos a cada 300 milímetros, ambos de varillas número 4. Los postes y rieles de concreto deben ser fabricados de acuerdo con los detalles mostrados en los planos.

Los postes de concreto deben ser probados para resistencia a la flexión y deben tener un módulo de rotura no menor de 4,5 Megapascuales. Deben corregirse las irregularidades superficiales tan pronto como se remuevan las formaletas.

Postes y rieles de metal: el metal debe ajustarse a los requisitos de la Norma AASHTO M 180.

Los postes de metal deben tener la sección indicada en los planos. Los rieles de metal deben ser vigas de forma W de 300 milímetros de alto y 75 milímetros de profundidad de sección mínima.

Pueden ser fabricadas de planchas corrugadas, dobladas longitudinalmente en arco de círculo o dándoles la forma de un canal o como lo indiquen los planos.

El espesor del metal debe ser por lo menos de 2,67 milímetros (calibre 12), cuando la profundidad de la sección de la viga sea de 75 milímetros, y de por lo menos de 3,43 milímetros (calibre 10), cuando la profundidad de la sección sea mayor de 75 milímetros. Los espesores de las planchas pueden ser calibres equivalentes iguales o mayores en su espesor.

Los rieles deben ser fabricados con la sección transversal apropiada y estar preparados para armarse cuando se reciban en el campo.

Sus cantos deben limarse o redondearse de tal manera que no presenten bordes afilados. Los postes y rieles deben ser de sección uniforme y serán rechazados los torcidos o deformados.

Los pernos usados en los empalmes y conexiones deben tener cabezas que no presenten salientes apreciables en la superficie (de la defensa), que da hacia la línea central de la carretera. No se permitirá punzonar, barrenar, cortar o soldar en el campo ninguna de las partes de las defensas.

Las defensas se suministrarán con todos los accesorios tales como: pernos, tuercas, roldanas, empaques, terminales, y otros, necesarios para una instalación completa.

- Requisitos de construcción

Si los planos no lo indican de otra manera, las defensas deben de estar localizadas en la siguiente forma:

Los postes deben de tener una separación centro a centro no mayor de 3,50 metros. Deben de estar enterrados 1,10 metros y empotrados en concreto un mínimo de 500 milímetros en la parte superior. La longitud exterior será variable, de acuerdo con las dimensiones del riel.

No se debe disminuir el alto de los postes, a menos que el delegado residente lo autorice y el extremo cortado quede empotrado en el concreto.

Cuando se requiera en las disposiciones especiales que los postes sean hincados, se debe punzonar o perforar un agujero guía. Las dimensiones del

agujero guía no deben exceder las dimensiones del poste en más de 15 milímetros.

Rieles: la superficie exterior orientada hacia el pavimento, debe estar a un mínimo de 900 milímetros del extremo de la capa de rodadura. La distancia de la superficie del suelo hacia la parte inferior de la viga o cable inferior, no debe ser mayor de 450 milímetros.

Los rieles se deben instalar después de completada la construcción del pavimento adyacente. No se debe modificar los diámetros especificados para los agujeros o ranuras hechos para la introducción del riel.

Rieles de metal: se debe doblar en el taller todas las defensas curvas con un radio de 45 metros o menos.

Se deben instalar los elementos del riel en una línea continua con los traslapes en la dirección del flujo del tráfico. Se deben utilizar pernos que se extiendan por lo menos 6 milímetros pero no más de 25 milímetros más allá de las tuercas. Se deben apretar bien todos los pernos.

Riel de madera: se deben espaciar los pernos a distancias iguales a lo largo del rostro frontal del riel de madera para que casen con los agujeros de la lámina de acero en la parte trasera. Se debe alinear la defensa de madera a lo largo de las orillas superiores y frontales del riel.

Los rieles de madera deben ser cortados en campo para producir juntas con una unión adecuada. Se deben tratar los cortes hechos con dos capas de arseniato de cobre cromado.

Empalmes: los empalmes de los rieles, se deben hacer de tal manera que no presenten salientes en dirección contraria al tránsito y que a la vez, proporcionen al riel la suficiente continuidad y rigidez estructural. El riel debe empalmarse con margen suficiente para expansión.

Muestras: el contratista debe de proporcionar sin compensación adicional: rieles, postes y accesorios para el propósito de pruebas, pero la cantidad de los mismos, debe indicarse en las disposiciones especiales.

Remoción y reinstalación de las defensas: se debe remover y almacenar los rieles y los accesorios existentes. Se debe remover y descartar todos los postes que estén empotrados en concreto.

Se debe reponer todos los rieles, postes y ferretería dañada durante la remoción, el almacenaje o la reinstalación. Se debe rellenar todos los agujeros resultantes de la remoción de los postes y de los anclajes utilizando material granular.

2.1.4.2. Sección 702: indicadores del derecho de vía

Son los monumentos que se deben colocar a lo largo de la carretera y en ambos lados, para definir el lindero del derecho de vía propiedad del estado y los terrenos adyacentes, propiedad de particulares.

- Materiales

Los indicadores deben ser prefabricados de concreto simple clase 14 (2, 000).

- Requisitos de construcción

Si no se indica otra cosa en los planos, los indicadores deben tener forma prismática de base cuadrada. La base debe tener 150 milímetros mínimos por lado y la altura del prisma debe ser como mínimo 500 milímetros.

La base del monumento expuesta a la vista, debe tener un punto de metal en el cruzamiento de sus diagonales, indicador del punto lindero del derecho de vía.

Transporte, manejo y almacenamiento: antes de su colocación, se debe hacer con el mayor cuidado posible para evitar grietas, quebraduras y astilladuras que puedan causar deterioros en los mismos. Colocación: los indicadores se deben colocar a la distancia que se indica en los planos y en tal forma que marquen claramente la línea del lindero del derecho de vía.

La excavación se debe hacer de por lo menos 300 x 300 x 500 milímetros y después se debe colocar el indicador, llenando los espacios entre las paredes de la excavación y monumento con material adecuado y bien compactado para que el monumento quede firme y no pueda ser removido fácilmente.

2.1.4.3. Sección 703: cercas

Son las vallas colocadas en ambos lados de la carretera, a lo largo de los linderos del derecho de vía y construidas de postes de madera, de concreto o de acero y con alambre espigado o malla de alambre.

- Materiales

- Postes

Postes de madera: la madera para los postes debe cumplir con los requisitos de la Norma AASHTO M 168 y puede ser de cualquier especie siempre que sea la más recomendable para este uso.

Preferentemente se debe usar la madera de más abundancia en la región y que ofrezca la menor dificultad para su obtención, siempre que no contradiga las estipulaciones de protección del medio ambiente.

Los postes deben cortarse de madera sana y ser rectos, libres de nudos, hendiduras, rajaduras u otros defectos que los afecten e inhabiliten para el uso propuesto. Si los planos no lo indican, los postes de línea deben de tener de 1,70 a 2,00 metros de longitud total y un diámetro no menor de 100 milímetros.

Los postes esquineros, terminales y de puertas deben de tener un mínimo de 180 milímetros de diámetro y 2,50 metros de largo.

Postes de acero: deben cumplir con los requisitos de la Norma AASHTO M 281.

- Alambre

Alambre espigado: debe ser galvanizado y que cumpla con los requisitos de la Norma AASHTO M 280, o con revestimiento de aluminio que cumpla con la Norma AASHTO M 305, tipo I.

Debe consistir de dos hilos de alambre de 2,6 milímetros de diámetro retorcidos, con púas de dos puntas de alambre de 2,0 milímetros de diámetro, o calibres equivalentes iguales o mayores en su espesor.

Malla de alambre: debe ser galvanizada que cumpla con los requisitos de la Norma AASHTO M 279 o revestida con aluminio que cumpla con la Norma ASTM A 584.

Las grapas para sujetar el alambre espigado o la malla de alambre a los postes de madera, deben ser mayores de 40 milímetros de largo y el alambre de que están hechas debe ser galvanizado y de conformidad con los requisitos para alambre espigado o malla especificados anteriormente.

- Requisitos de construcción

Se debe efectuar la limpia, chapeo y destronque de una franja a lo largo de la cual se colocará el cerco. Se debe limpiar un área con un ancho mínimo de 1 metro.

La instalación de la cerca se debe programar de manera que se evite que el ganado entre dentro del derecho de vía del proyecto, paso de servidumbre o a propiedades adyacentes.

De lo contrario se debe proveer una cerca temporal u otro medio adecuado para evitar que esto ocurra. En los puentes, pasos subterráneos de ganado y alcantarillas se debe conectar la nueva cerca de la estructura, para permitir el libre paso del ganado debajo o a través de la estructura.

Si los planos no lo indican, los postes se deben colocar firmemente en el suelo, enterrando su extremo inferior una profundidad de 500 milímetros y a intervalos no mayores de 2 metros.

Antes de colocar el poste se debe hacer una excavación de 300 milímetros de diámetro y 500 milímetros de profundidad. El espacio entre el poste y la excavación se debe rellenar y compactar con material adecuado y en capas con un espesor máximo de 150 milímetros que garantice que los postes queden bien anclados al suelo.

Los postes de madera pueden ser hincados si el método utilizado no daña el poste. Los postes de acero también pueden ser hincados. Los postes esquineros, de puertas y terminales deben ser empotrados en concreto.

Embreizado: los tramos de la cerca se deben limitar a longitudes no mayores de 200 metros entre embreizados esquineros adyacentes, de puertas, esquineros o a lo largo de la línea de la cerca.

El embreizado de la línea se debe instalar a intervalos uniformes de manera que la distancia entre cualquiera dos embreizados sea de 200 metros o menos. Se debe construir el embreizado antes de colocar el alambre en los postes.

Embreizado en postes metálicos: se deben proveer postes esquineros y luego se deben halar los postes con dos breizas, una en cada dirección del poste de la línea principal de la cerca. Se debe proveer una breiza en los postes terminales y en los de las puertas, a lo largo de la línea del cerco.

Se deben colocar breizas metálicas a los postes metálicos terminales, esquineros y de puertas y éstos se deben cimentar en concreto.

Embreizado en postes de madera: el embreizado consistirá en la colocación de tirantes de alambre para fijar los postes. Se debe anclar el tirante al poste instalando los alambres como se indique en los planos y retorciéndolos hasta que todo el montaje esté tenso y firme.

Alambre espigado y malla de alambre: el alambre se debe estirar y dejar tenso y asegurado a cada poste por medio de grapas. Se debe aplicar la tensión de acuerdo con las recomendaciones del fabricante utilizando un tensor mecánico u otro dispositivo diseñado para este efecto.

No se deben utilizar vehículos motorizados para tensar el alambre. El alambre espigado o la malla se deben engrapar en la dirección que conduce el tráfico.

Después que se ha engrapado el alambre a los postes, éstos deben recortarse a una altura uniforme sobre el suelo. No se permitirán empalmes del alambre espigado entre postes. Cuando se utilicen postes de madera, los alambres deben ser engrapados firmemente al poste.

En los postes de la línea, la malla de alambre se debe asegurar al poste en la parte superior, en la inferior y en puntos intermedios separados no más de 300 milímetros. Se debe fijar cada cordón de alambre espigado a cada poste de la línea.

Se deben utilizar grapas o amarrar el alambre para fijarlos a los postes metálicos. En los postes de madera, se deben hincar grapas en forma de U

diagonalmente a través de las vetas de la madera de manera que ambas puntas no entren dentro de la misma veta.

En las depresiones en las cuales se eleve el alambre, las puntas de las grapas se deben inclinar ligeramente hacia arriba al ser hincadas. En el terreno a nivel, las grapas se deben inclinar hacia abajo.

Las grapas se deben hincar hasta que casi tengan contacto con los alambres, de manera que se permita el libre movimiento longitudinal de la línea para evitar daños en el recubrimiento protector.

- Instalación de los portones

Portones de alambre: los portones de alambre deben construirse utilizando el mismo material empleado para la construcción de la cerca. Se debe proveer un cierre tenso y bien alineado de la puerta, de manera que la puerta se pueda abrir y cerrar adecuadamente y a mano.

Portones metálicos: las puertas metálicas y sus accesorios deben ser fijados a los postes previamente colocados. Los accesorios deben fijarse firmemente a los postes y a la puerta. Se deben colocar bisagras en las puertas para evitar que éstas puedan ser removidas sin el uso de herramientas.

La puerta debe ser colocada de manera que gire libremente hacia adentro y hacia afuera y se cierre de manera segura con un candado o en el caso de puertas dobles en el pasador o en la clavija.

Las puertas dobles y sus respectivas clavijas se deben colocar sobre un plano horizontal común sobre el cual cada puerta gire individualmente. Se deben colocar las puertas de manera que giren 90 grados en cada dirección.

Para las puertas dobles se debe proveer un dispositivo de cierre con una varilla en el piso con un cimiento de concreto de 30 milímetros de diámetro y de 300 milímetros de profundidad.

Se le debe formar una corona a la cima del concreto y perforar el agujero necesario para que la varilla penetre allí. Portones de madera: deben ser instalados de manera similar a los metálicos y como se indique en los planos.

Remoción y recolocación de cercas: se debe remover la cerca existente y ésta se debe colocar de nuevo en la nueva posición en condiciones aproximadamente iguales a las de la cerca original. Se debe rescatar el material de la cerca existente para ser incorporado en la nueva posición.

Cuando los postes de la cerca existente estén empotrados en concreto, se debe remover el concreto del poste y se debe fundir otra vez, en la nueva ubicación, utilizando concreto. Se debe reponer el material dañado que no pueda ser reutilizado.

Se deben colocar firmemente los postes en la nueva alineación. Se deben espaciar los postes y fijar los alambres de la misma forma en que se encontraba en la cerca original. Se debe suministrar y utilizar materiales nuevos para fijar el alambre a los postes.

2.1.4.4. Sección 709: barricadas de concreto

Son los dispositivos para impedir el paso del tráfico, para desviarlo o para canalizarlo. También son utilizados para separación de carriles. Estos sistemas son utilizados para advertir cualquier tipo de riesgo.

Barricadas de concreto prefabricado: las unidades prefabricadas deben fundirse en formaletas de acero. Se les debe colocar suficiente acero de refuerzo para que resistan el manejo de las mismas. El concreto debe tener una resistencia mínima a los 28 días de 28 Megapascuales (4 000 psi) de acuerdo con la Norma AASHTO T 22.

El contenido de aire por volumen, cuando requerido, debe ser de 5 por ciento mínimo cuando el tamaño máximo del agregado sea de 9,5 milímetros y de 4 por ciento mínimo cuando el tamaño máximo del agregado sea mayor de 9,5 milímetros. Las unidades de concreto deben ser curadas según lo indicado en AASHTO M 170M.

Relleno para juntas preformadas: debe ser relleno preformado para juntas de expansión de una sola pieza para cubrir la profundidad y el ancho de la junta. El relleno debe cumplir con los requisitos de las normas: AASHTO M 33 para juntas preformadas de tipo bituminoso; AASHTO M 153 para juntas preformadas de hule esponjoso y de corcho, con AASHTO M 213 para juntas preformadas bituminosas de tipo no estirada a presión y resilente.

Ganchos y pasadores: los ganchos y pasadores deben estar de acuerdo con lo establecido en ASTM A 36 y deben ser galvanizados de acuerdo con lo establecido en ASTM A 153.

Material reflectivo: las barricadas deben tener material reflectivo de color blanco o amarillo, según corresponda, y un tamaño aproximado de 2,5 x 75 milímetros, firmemente montados sobre centros de 3 metros, en la parte de la barricada expuesta al tránsito, a aproximadamente 600 milímetros por encima de la superficie del pavimento.

- Requisitos de construcción

Barricadas de concreto: las barricadas de concreto pueden ser fundidas en el sitio, prefabricadas o construidas con formaletas deslizantes. Fundidas en el lugar: se deben formar juntas de contracción de 5 milímetros de ancho y de 50 milímetros de profundidad a intervalos de 6 metros, a mano o con sierra.

El aserrado se debe efectuar tan pronto como sea posible después de que el concreto haya fraguado lo suficiente para que no se desmoronen las esquinas del aserrado, pero antes de que ocurran grietas de encogimiento. La profundidad del aserrado debe disminuirse en la orilla adyacente al pavimento para evitar daños en el pavimento.

Se debe colocar relleno preformado para juntas de 19 milímetros en todas las juntas de construcción. Se debe cortar el relleno de manera que se ajuste al área transversal de las estructuras y de las juntas de construcción de las barricadas.

Se deben construir juntas longitudinales de 6 milímetros de ancho a los lados de las barricadas. Las barricadas y sus juntas deben presentar un aspecto liso y uniforme en su posición final.

Fundidas con formaleta deslizante: no se debe tocar la superficie del concreto de la barricada mientras sale de la máquina de formaleta deslizante, excepto para remover inmediatamente las rebabas o efectuar rebajas utilizando una rastra aplicada cuidadosamente.

Se deben efectuar los ajustes necesarios durante la operación para corregir cualquier condición que cause marcas en la superficie mayores de 13 milímetros. No se debe utilizar agua para reparar las barricadas ya terminadas.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1. Hombros

Es el área en la cual descansa el tramo vehicular a ambos lados de la carretera, hombro izquierdo y derecho. Su función es proteger la estructura de la carretera por causas de fuerza mayor, es decir, fuerza de la naturaleza. Cabe destacar que no todas las carreteras tienen este tipo de estructuras su función depende del diseño, construcción y tipo de carretera.

3.1.1. Reconstrucción de hombros en carreteras pavimentadas

Este tipo de actividades surgen para reparar aquellas áreas en donde los hombros hayan perdido su composición original, en ocasiones suelen encontrarse con daños severos como suelen ser agujeros, constantes lluvias, sectores donde el material se encuentre inestable, efecto del intemperismo, de las cargas de tránsito o bien una combinación de estos.

- **Materiales**

Los materiales a utilizar deben ser de la misma calidad y características del tipo de base que fue utilizada en los trabajos de construcción estas consideraciones pueden variar cuando haya sido usado concreto asfáltico en la carpeta asfáltica y concreto hidráulico.

3.1.2. Mantenimiento de hombros

Consiste en mantenimiento de tipo rutinario hacia esta estructura que forma parte de una carretera y en aquellas áreas que tengan pérdidas de material estructural con que fue construido, por ejemplo, baches.

Este trabajo estará encaminado al sellado de estas áreas. En algunas ocasiones cuando los hombros no tengan recubrimiento requerido, será necesaria la reconstrucción del mismo.

Los materiales a utilizar pueden ser mezclados en frío, debido a que son compuestos bituminosos necesarios para el riego de liga en la estructura a construir.

Debido al uso e intemperismo es necesario acudir a la reparación de áreas de falla a través de un bacheo profundo o mayor, según sea el estado en que se encuentren los hombros.

Estas zonas son inevitables bajo la estructura del pavimento, por lo que determinar su reparación suele ser un elemento primordial para mantener en constante uso los tramos vehiculares.

3.1.3. Estabilización de hombros con suelo cemento

Este tipo de trabajo consiste en proporcionar capacidad portante que determinado suelo requiera para trabajar estructuralmente en condiciones aceptables de carga.

El proceso de estabilización consiste en homogenizar, mezclar, conformar y compactar el suelo con espesor no mayor a 20 centímetros y una resistencia especificada a la compresión simple de 26 kilogramos por centímetros cuadrados con un curado mínimo a los 7 días.

En algunas ocasiones su curación dependerá del ajuste de conformidad con la alineación, niveles y secciones transversales existentes con el objetivo de aumentar su capacidad soporte.

Los materiales consisten en cemento, material propio de la base libre de materia orgánica y agua. El tipo de cemento tendrá que ser prefabricado, hidráulico y de la mejor calidad cumpliendo con la Norma ASTM C-91.

La compactación tendrá que cumplir con el 95 por ciento de la densidad del material según AASHTO T-180, de tal manera que en un tiempo de no mayor a 2 horas se logre la superficie uniforme y de resistencia requerida.

Es necesario mantener la base del suelo cemento con una superficie adecuada y en condiciones que permitan construir la superficie superior, si se presentan baches es necesario repararlos a lo largo de la base de manera que proporcione seguridad y restauración de la superficie.

3.2. Taludes

Comúnmente en las carreteras se encuentra este tipo de estructura dispuestas en una porción de suelo elevada, de dimensiones variables, generalmente rematando por una cuneta y caracterizado por una vegetación específica.

3.2.1. Mantenimiento de taludes a corte

Para dar prioridad a este tipo de estructuras es de vital importancia un programa de mantenimiento preventivo disminuyendo los riesgos a derrumbes y/o deslizamiento ocasionados la naturaleza.

Durante la época seca es necesario intervenir iniciando en las zonas más propensas a este tipo de fallas perjudiciales para la sociedad y sobre todo para no interrumpir el tráfico vehicular. Es necesario realizar las siguientes actividades:

- Limpieza de drenajes superficiales
- Limpieza de taludes
- Protecciones de laderas
- Reforestación de taludes

Es recomendable evaluar y estudiar las zonas de alto riesgo a través de investigaciones geológicas y geotécnicas necesarias para desarrollar diseños funcionales y construir obras preventivas tan necesarias en ese tipo de tramos.

Los materiales a utilizar pueden variar según sean las condiciones existentes del lugar y de los trabajos por realizar.

Como parte de la construcción de estas estructuras surgen el programa de actividades determinando un inventario de geología y geotecnia actualizado para cada tramo carretero, definiendo las zonas de alto riesgo y por consiguiente teniendo el control de mantenimiento y prevención de estas áreas propensas a colapsos.

3.2.2. Mantenimiento de taludes a relleno

La función de estas estructuras se basa en la protección total del talud, evitando así la socavación y/o erosión del área afectada por ende evitando derrumbes producidos por deficiencia en el mantenimiento.

Es necesario realizar diferentes actividades desarrollando trabajos de estabilización de suelo, a través de material de relleno, vegetación compatible y en algunas ocasiones reparación de canales para dirigir y controlar el flujo superficial proveniente de la precipitación.

Suelen ser utilizados materiales de suelo orgánico, vegetación y de ser necesario cemento hidráulico, áridos y agua.

En diversos casos puede surgir la necesidad de cambiar la pendiente que existe entre el hombro de la carretera y el talud, por lo que es necesario excavar a filo redondeando por completo el área de interés, sin que este tipo de trabajo sea perjudicial por consiguiente generando desestabilización.

La vegetación es necesaria para proteger el suelo utilizado en el proceso de estabilización, este tipo de vegetación debe ser realizado con plantas de baja estatura, ya que el crecimiento gradual provee fuerza horizontal aumentando la velocidad de infiltración al cuerpo de talud y aumentando el volteo.

3.2.3. Medidas de conservación

Este tipo de trabajos requieren de mantenimiento preventivo con la finalidad de proteger y conservar las estructuras existentes de tal manera que

aumente el tiempo de vida útil. Existen diferentes mecanismos que pueden ser utilizados para este tipo de medidas.

- Recubrimiento con placas de concreto
- Revestimiento en piedra
- Recubrimiento de márgenes

Estos métodos de trabajo son implementados de tal forma que se evite la segregación de la roca en el proceso de colocación de material. Los taludes deben ser perfilados, con tolerancia máxima de 10 centímetros.

Se colocará geotextil no tejido cuando sea necesario y sobre este se distribuirá una cama de apoyo a las rocas, de material fino y de espesor máximo de 10 centímetros.

La colocación del geotextil evita la filtración de los agregados finos que podrían dañar la integridad estructural. Estos tipos de trabajos deben ser por métodos que puedan ocasionar segregación del material.

3.3. Estructuras menores

Se definen como aquellas estructuras que forman parte de un tramo de carretera pero con dimensiones considerablemente pequeñas, las cuales necesitarán de un mantenimiento rutinario en cada etapa meteorológica de la región.

3.3.1. Reparación y mantenimiento de estructuras menores

La realización de estos trabajos se basan en la reparación y mantenimiento de muros de retención o contención, diques, bordillos, salidas de agua entre otras afines a estas y que se encuentren en condiciones inadecuadas de funcionamiento.

En algunas ocasiones la construcción de estas cuando no se encuentren en el proyecto.

- Muros de contención: tienen la capacidad de retener el material del terreno, pueden verse dispuestos en terraplenes y taludes de corte. Pueden ser de gravedad; su construcción se realiza con materiales provenientes de piedra, concreto ciclópeo y piedra confinada. Estructurales: muros de gravedad y tipo cantiliver.
- Diques: muros que permiten contener las corrientes de agua.
- Salidas de agua: canales de descarga conectados a los bordillos, cunetas, entre otros.
- Bordillos: conducen e interceptan el agua por efecto de bombeo sobre la carpeta de rodadura de la carretera, evacuando la escorrentía superficial.

El procedimiento de ejecución consta de humedecer las piedras antes de ser colocadas, con la finalidad de quitar la tierra u otros materiales perjudiciales a futuro cuando estas se encuentran en conjunto.

Deben de colocarse cuidadosamente y en lo posible formar hiladas regulares. Se recomienda que la separación entre piedras sean como máximo de 3 centímetros y mayores que 1,5 centímetros.

La colocación debe ser de forma ascendente, es decir, las piedras con mayores dimensión deben ser colocadas en la base y por consiguiente las de menor dimensión sobre ellas. El relleno de las sisas existentes debe realizarse con mortero.

Si surge el caso, en el que las piedras son provenientes de sedimentos deben ser colocadas de manera que los perfiles estratigráficos queden en lo posible perpendicular a los esfuerzos.

Las piedras deben ser manipuladas de tal manera que no golpeen a las ya colocadas, esto para no alterar su posición. Si una o varias piedras se aflojan después del fraguado inicial del mortero será necesario remover totalmente estas áreas para luego volver a la colocación.

No está de más recordar que toda la mampostería utilizada debe permanecer húmeda durante 3 días después de haber sido terminada. No deben de aplicarse carga exterior en contra de la estructura terminada, por lo menos durante 15 días para lograr el curado adecuado, conjunto y estabilidad estructural necesaria para su funcionamiento.

3.3.2. Nivelación de pozos de visita y cajas tragantes

Consiste en proporcionar equilibrio a este tipo de elementos existentes en la carretera. Este proceso se realiza cuando la calzada se encuentra expuesta a rehabilitación de la estructura del pavimento (carpeta de rodadura), el cual

incrementara la rasante final de la carretera. Ajustando los estas estructuras a un nivel inferior por lo que serán necesarios reacondicionarlos al mismo nivel.

3.3.3. Construcción de muros gaviones

Son estructuras formadas como cajón prismático rectangular, relleno de piedra y enrejado metálico de malla de triple torsión de 2,7 milímetros de espesor y reforzado con alambre de 3,2 milímetros galvanizado.

Su finalidad de construcción es dar equilibrio del cauce, evitar erosión, derrumbes de márgenes, controlar crecientes protegiendo a las poblaciones cercanas a través de los diferentes niveles del suelo que pueden mantener.

Usualmente consisten en piedra de relleno con un tamaño entre 4” y 8”, puede utilizarse el material que se encuentre dispuesto en los ríos, siempre y cuando cumpla con la especificación de dimensiones y resistencia de 1 600 kilogramos por metros cúbicos.

Luego de lograr la colocación y construcción es necesario suministrar material de relleno detrás de estos con la finalidad de tener revestimiento aproximado de 1,5 metros. No utilizar material con altos grados de materia orgánica ya que puede perjudicar el material galvanizado que forma parte de la estructura del gavión.

3.3.4. Mantenimiento de estructuras de gaviones

La forma de los gaviones ha evolucionado, dando un fuerza adicional a sus bordes. La armazón, el relleno y los diafragmas verticales deben de ser

cuidadosamente inspeccionados corroborando los materiales en estas áreas, para que la resistencia a la presión y la corrosión eviten su mal funcionamiento.

Las causas de su deterioro pueden ser las siguientes:

- Impacto mecánico, debido a materiales en suspensión
- Abrasión, causada por la fricción sólida de las partículas
- Corrosión, proceso químico causado por material contaminante y aguas corrosivas

Para obtener de forma adecuada y segura la conservación de estas estructuras es necesario reparar si fuera el caso o bien sustituir totalmente estos elementos, siempre y cuando se mantenga la misma geometría del diseño original con que fue construida.

Es necesario verificar para las condiciones sumergibles que el material dispuesto en las mallas debe estar protegido o forrado por PVC, esto con la finalidad de garantizar impermeabilidad.

3.4. Drenajes

Son estructuras que permiten la libre evacuación de líquidos pluviales y aguas residuales. Logrando así la evacuación lejos de su producción. Este desalojo evita la inundación en carreteras de cualquier tipo, además de prever un margen de seguridad en etapa de lluvias.

3.4.1. Limpieza de estructuras de drenaje existentes

Este trabajo consistirá en la extracción y remoción de todo tipo de materiales que se encuentren depositados en los sistemas de drenaje independientemente de su dimensión respectiva. En todo momento es necesario tener claro que esta labor es el camino a lograr el paso rápido de las aguas a través de estos elementos.

En este tipo de ejecuciones no es necesario ningún material adicional a utilizar. La limpieza consta de la verificación del sistema de drenajes y la limpieza inmediata del mismo, es decir, entrada, cajas, salida, entre otros.

Es recomendable hacer la evaluación por lo menos 50 metros aguas arriba y aguas debajo de la obra, esto permitirá la evacuación libre de las aguas dispuestas.

Cuando en cualquier estructura que forme parte de este sistema se encuentre azolvado por depósitos, deberán excavar y remover hasta conseguir la forma original del elemento. Todos los materiales removidos deberán ser transportados y depositados en bancos de desperdicio permitidos.

Todos los trabajos necesarios para lograr la ejecución de mantenimiento deben realizarse sin causa, daños a las estructuras en cualquier área de las mismas, para no dañar el buen funcionamiento de estas. De producirse algún daño es de carácter urgente su reparación.

3.4.2. Reacondicionamiento de estructuras de drenaje

Este tipo de trabajo consiste en la evaluación de vida útil de las estructuras que forman parte de un sistema de drenaje. Es necesario limpiar de todos los escombros, desechos o basura.

Debido al tiempo utilizado, deberán de ser tapadas todas las fugas existentes, sus partes estructurales deberán ser reemplazadas quedando en condiciones de operación aceptable.

3.4.3. Remoción y reutilización de drenaje en el proyecto

Esta labor consistirá en la limpieza para conservar los sistemas de drenaje, es decir, llevar a cabo el mantenimiento rutinario para evitar bloqueos en la entrada y salida de estos elementos. Este concepto se basa en volver a utilizar el número de veces que sea necesario para que el conjunto de drenaje funcione satisfactoriamente.

3.4.4. Remoción de estructuras de drenaje existentes

Todo el material sobrante producto de las excavaciones, remoción y reacondicionamiento de las estructuras del sistema de drenaje existe y/o por realizar, deberán de ser rellenados, nivelados y compactados para evitar hundimientos diferenciales. Los materiales sobrantes deberán ser removidos del lugar de trabajo y posterior del área vehicular.

Cuando el trabajo incluya demoliciones, deben tomarse previamente las precauciones necesarias para no ocasionar daños a personas u obras

colindantes. Además de tomar en consideración la labor de limpieza de los materiales sobrantes y no utilizable, comúnmente denominado como ripio.

3.5. Alcantarillas

Se denomina alcantarilla a la obra encargada de evacuar aguas residuales provenientes lluvia y sistemas sanitarios de viviendas, industrias, comercios, entre otros. Cabe mencionar que el término suele estar definido hacia saneamiento.

3.5.1. Drenaje transversal en carreteras

Este sistema proporciona la evacuación directa de precipitación vista en la plataforma y sus márgenes, utilizando como ayuda las cunetas. Según su tipología pueden existir dos grandes grupos de drenaje transversal.

Pequeñas obras de paso. Este tipo de obras disponen de un diámetro pequeño, como máximo 10 metros.

- Caños: tubos de sección circular, construidos para desaguar pequeños caudales.
- Tajeas: luces que no exceden 1 metro.
- Alcantarillas: obras superiores a luces de 1 metro pero inferiores de 3 metros.

Grandes obras de paso. Son construidas con la finalidad de salvar luces y desniveles de grandes dimensiones, comúnmente ubicados en puentes y viaductos.

Este tipo de obras se relaciona con cauces y caudales de mucha importancia, por lo que resulta muy poco usual verles dispuestos en las secciones transversales de caudales pequeños generados en las plataformas de las carreteras.

3.5.2. Muros y alas de alcantarillas

La construcción de estas obras de arte, facilita la protección lateral del terraplén contra la erosión. Estos tipos de estructuras son utilizadas para evitar la separación de las alcantarillas formadas por tramos de tuberías y para retener el relleno.

3.5.3. Selección del tipo de alcantarilla

Básicamente para desarrollar una alcantarilla, es necesario hacer el estudio de pre factibilidad según las siguientes condiciones: necesidad hidráulicas; depende del tipo de trabajos realizados por parte de la población y la cantidad de habitantes en una determinada región, esto con la finalidad de determinar los tipos de materiales funcionales para esta actividad.

No está demás mencionar que la elección su vuelve en gran medida, un asunto económico, ya que deberá tomarse en consideración la durabilidad y costo de la estructura total.

Finalmente, establecer parámetros de comparación entre los tipos de alcantarillas existentes en el medio actual y no olvidar las propuestas para el costo de mantenimiento.

3.5.4. Alcantarillas de metal corrugado

Las investigaciones llevadas a cabo han determinado que este tipo de materiales son más resistentes, proveen un tiempo de vida útil bastante considerable, aproximadamente 75 años.

No es de sorprender que en nuestro medio resulte como propuesta inicial utilizar este tipo de materiales, ya que su fácil instalación y su economía bastante considerable hace posible el interés por este sistema.

Presenta diferencias de las tuberías de concreto, ya que sus características hidráulicas siendo estas de fácil mantenimiento o bien cuando se ha encontrado dañada debido al envejecimiento de la carretera, estando expuesta a deterioro y maltrato.

Sin embargo, no está demás decir que es posible salvar en poco tiempo problemas en materia de seguridad que impliquen el reemplazo completo de esta estructura, logrando así la disminución de costos de inversión.

3.5.5. Alcantarillas de concreto

En el proceso de diseño de sistemas de alcantarillado estos suelen ser considerados con diámetros de 12 a 108 pulgadas teniendo variaciones en sus longitudes, comúnmente de 4 a 8 pies.

Para este tipo de construcción puede ser utilizado el acero circular o elíptico, además de que estos tipos de estructuras suelen ser construidos con una sección transversal diferente a la circular. Estas tuberías tienen juntas de

tipo campana selladas con concreto de cemento Portland, empaques de caucho u otros materiales en dado caso sean necesarios.

La preparación del suelo después de lograr la excavación requerida suele utilizarse un método distinto, consiste en nivelación y compactación de una capa no mayor a 20 centímetros previo a la preparación luego de colocar el concreto según especificaciones establecidas para embeber la tubería según sean las condiciones de cimentación de las cargas a la cual va estar expuesta la tubería.

3.5.6. Alcantarillas de bóveda

Las bóvedas son estructuras en las cuales su sección transversal contiene tres partes fundamentales; piso, dos paredes verticales que son las aristas interiores de los estribos y sobre ellas, un arco circular rebajado.

Las bóvedas se construyen con mampostería utilizando una concreta pobra con resistencia de 100 kilogramos por centímetros cuadrados estableciendo el ancho mínimo para el arco de 35 centímetros, es recomendable dejar las cimbras un mínimo de 14 días para el curado y el alcance de la resistencia especificada.

Es recomendable construir estas estructuras en suelos rocosos para evitar erosión, para evitar empuje hidrostático sobre los muros es necesario la colocación de material granulado de 30 centímetros de espesor en el respaldo de cada estribo.

3.5.7. Alcantarillas de cajón o pórticos

Estos tipos de alcantarillas trabajan como marco rígido que absorbe el peso, el empuje del terraplén, carga viva, y la reacción del suelo. El espesor de la losa y muros suelen ser no mayores a 10 centímetros y de poco peso ya que todo el elemento estructural tiene una amplia superficie de contacto.

No es recomendable construir con luces mayores que 6 metros y alturas de 9 metros, cabe destacar que es necesario construir una losa de cimentación brindando una superficie de rodamiento y evitar los asentamientos diferenciales.

3.5.8. Limpieza de alcantarillas

Las alcantarillas tienen como función la captación de grandes volúmenes de aguas, lluvia, agua proveniente de servicios industriales, entre otras. La limpieza de alcantarillas es un método indiscutible que no debe dejar de realizarse, ya que de esto depende el buen funcionamiento del mismo.

El procedimiento consta del desazolve de alcantarilla, es decir, remover todos los desechos, basura, o sedimentos que se han acumulado en las áreas de las mismas.

Asimismo, es necesario acudir a supervisión y de ser requerida la limpieza de los pozos de luz y sea el caso pozos de absorción, utilizando equipo de succión al alto vacío, además de disipar todas las partículas acumuladas en los bordes y en el contorno del registro, impulsado agua con sistemas mecanizados.

Es de vital importancia mencionar que estas construcciones contienen espacios confinados por lo que trabajar dentro de ellas requiere mano de obra calificada.

3.6. Muros de contención

Se define a este tipo de estructuras como aquellas que contienen o retienen algún material, comúnmente cuando las condiciones naturales no permiten que estas masas se sumen a sus pendientes naturales, generado así empuje horizontal debido a tierra, agua, vientos, otros. En las vías de comunicación terrestre.

3.6.1. Condiciones donde se establece

Es necesaria la disposición de terrenos con alta consistencia y resistencia precisa, aprovechando al máximo su desempeño. Cuando en algún tramo vehicular o vía de comunicación exista riesgo de desplazamientos de tierra (deslaves) deben anclarse adecuadamente.

Es conveniente establecer el sustrato a utilizar:

- Tipo I: sustrato suelto, para manejarlo se requiere de métodos manuales.
- Tipo II: sustrato compactado, para un uso adecuado puede realizarse con métodos manuales.
- Tipo III: sustrato rocoso, es necesario utilizar métodos mecánicos y en casos extremos puede requerirse el uso de explosivos.

3.6.2. Mantenimiento

Se debe limpiar toda el área de material vegetal que será utilizada para esta estructura, es decir limpieza de maleza, chapeo y destronque utilizando métodos manuales.

Si surgen grietas o fisuras pueden ser reparadas con un mortero denominado embeco (cemento expansivo) con adición de aditivos que logre impermeabilizar el área requerida. Se deben hacer revisiones constantes para detectar cualquier proliferación de material vegetal, principalmente en lluvias.

3.7. Cunetas

Es un canal, comúnmente de tipo trapezoidal en sentido longitudinal y paralelo a los hombros derecho e izquierdo de la carretera. Debido a su menor nivel, recibe aguas provenientes de la precipitación para ser evacuadas de manera inmediata de la carretera, conduciéndolas a lugares donde no provoque daños.

En algunas ocasiones son utilizadas como defensa de pequeños derrumbes cuando las vías transitan por carreteras tipo terracería.

3.7.1. Limpieza de cunetas laterales

Suele ser una actividad de rutina, consisten en retirar de las áreas de las cunetas cualquier tipo de desecho; basura, lodo, ramas, maleza, arbustos e incluso raíces.

El retiro de estos materiales se hará lejos de las vías de comunicación para evitar cualquier imprevisto en la misma y serán depositados en áreas o bancos de desperdicio permitidos.

En la limpieza de estos elementos, comúnmente suele dejarse una cubierta muy ligera de hierba, eso ayudará a revestir el fondo y paredes laterales de la cuneta, puede ser cortada para no eliminarla. Para su limpieza pueden ser utilizados métodos manuales, ya que no requiere de grandes cantidades de desperdicio.

3.7.2. Limpieza de cunetas de coronación

Estos trabajos surgen cuando se encuentran desechos depositados, localizadas en la parte superior de los taludes de corte en la vía, con la finalidad de que fluya libremente el agua y se evacuen hacia sitios donde no se provoque erosión en los taludes.

Por ningún motivo el material removido puede ser depositado en las superficies anteriores, ya que de ser así provocaría el retorno a la cuneta por el arrastre del agua.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Se sostiene un mantenimiento preventivo y permanente las carreteras contarán con un porcentaje alto de operación y calidad en todas las épocas del año.

4.1. Reducción de riesgos

Aunque el número de eventos peligrosos ha incrementado, los avances en la ciencia e ingeniería en infraestructura han permitido desarrollar mejoras en las construcciones y tipos de mantenimientos adecuados para cada obra de arte que forma parte de las carreteras de un determinado lugar.

4.1.1. Viales

Es tan necesaria la seguridad para cada usuario en cualquier tramo vehicular, que en nuestra época es notorio que los vehículos modernos brindan mayor seguridad que los antiguos. Es comprensible el hecho de establecer nuevos mecanismos para este tipo de mejoras, requiere de tiempo y por consiguiente avances tecnológicos, acorde a las necesidades y exigencias.

4.1.1.1. En carreteras pavimentadas

El simple hecho de tener previsto el sistema de drenajes en una determinada carretera hace posible su buen funcionamiento y así mismo las posibilidades de transitar en tramos seguros, confiables y sin riesgo de inundación.

Los fenómenos naturales, en sus diversas manifestaciones llegan a impactar comúnmente con grados de severidad los territorios sin excepción alguna, causando daños a la sociedad.

Se puede tener con un nivel alto de seguridad que el desarrollo de la infraestructura necesaria, impulsando a la sociedad con su participación y fortaleciendo las áreas necesarias que presenten debilidad, los habitantes de las comunidades tendrán la capacidad de protegerse ante cualquier impacto natural.

Por lo tanto trabajar en la protección de riesgos y prevenir desastres. Es labor en conjunto de transecuentes y comunidades.

4.1.1.2. En carreteras asfálticas

Constantemente las instituciones públicas se dedican a preparar y mejorar respuestas inmediatas y adecuadas a las situaciones de emergencia que se presenten en cualquier zona causadas por fenómenos naturales.

Estos programas deben activarse en especial durante los meses de mayor peligro. En el sector poblacional es necesario intervenir con la identificación de riesgos; derrumbes, deslaves, inundación y desbordamientos.

Por lo tanto, intervenir con acciones y actividades para reducir riesgos, estabilizando laderas, logrando la reubicación de viviendas expuestas a zonas de derrumbes, construcción de muros de gavión, reforestación a las orillas de lagos, ríos, arroyos, entre otros, así como de una señalización apropiada en tiempos de emergencias y cuando se están realizando las correcciones correspondientes en la cinta asfáltica; mismas que deberán ser desmovilizadas

inmediatamente al realizar dichas correcciones, así como efectuar el movimiento de tierras necesario.

4.1.2. Peatonales

Los sistemas nacionales deben proveer protección civil, creando unidades de emergencia estatal y municipal. El empleo de este plan surge debido al comportamiento de los usuarios en las carretas, siendo esta la principal razón de acontecimientos de choques entre vehículos, como efecto secundario la muerte de seres humanos. Por lo que una señalización adecuada es sumamente necesaria.

4.1.2.1. En carreteras pavimentadas

Estos aspectos conllevan a un área permitida para el usuario peatonal, de ser necesario en los dos extremos de la carretera, asimismo resguardando la seguridad de los mismos.

4.1.2.2. En carreteras asfálticas

Para este tipo de construcciones es de vital importancia la señalización, siempre que sea necesario, establecer modificaciones para obligar a los conductores a disminuir velocidad en áreas de mayor utilización por los peatones.

4.1.3. Sociales

En este tipo de proyectos se utiliza, para su evaluación el criterio del beneficio para la colectividad. Deben considerarse los costos por habitante

servido, así como los elementos de carácter social que se logra, como, asistencia médica, educación, cultura, otros.

La información que se requiere para evaluar las carreteras en función social consiste en el número de habitantes potencialmente beneficiados, localizados en la zona de influencia del proyecto.

Se entiende como zona de influencia aquella área geográfica, económica y social afectada y beneficiada directa o indirectamente por la construcción del camino.

4.1.3.1. En carreteras pavimentadas

Se evalúan mediante el criterio de rentabilidad económica. Se tienen como principales efectos los ahorros en costos de operación, disminución del tiempo de recorrido, aumento de la velocidad de operación. De la misma manera, una ruta alterna más corta o el mejoramiento en las especificaciones hacen abatir el tiempo de recorrido.

4.1.3.2. En carreteras asfálticas

Este tipo de carreteras tienen como principal objetivo depender del entorno económico de la localidad, es recomendable evaluar minuciosamente las condiciones actuales de la vía de comunicación para evitar gastos innecesarios de forma que se puedan reducir costos.

Adicional a esto, cabe destacar que una medida social y económica para evitar inconvenientes futuros en estos tramos carreteros es utilizar las medidas

de prevención dando prioridad al estudio de pre factibilidad realizado con anterioridad.

CONCLUSIONES

1. Al planificar los trabajos de ejecución en carreteras es necesario tener un conocimiento preliminar de las características de la región, clima, geología, topografía, entre otras.
2. Es necesario agendar y presupuestar las actividades para los nuevos proyectos, continuando con el tema inicial del cambio de cultura organizacional a través de programas de retroalimentación, revistas de comunicación interna, comunicación radial, prensa y televisión para dar a conocer las rutas de posibles trabajos de circulación.
3. Como resultado de la modificación del terreno en carreteras se hacen necesaria la construcción de estas obras de arte posterior al movimiento de tierras, con el objetivo de no dejar expuesta la superficie asfaltada requiriendo de algunas implementaciones y cumpliendo con las normativas internas, medio ambiente, salud y seguridad ocupacional, como elementos de protección personal.
4. Para las emergencias es necesaria la existencia de planes vigentes y contar con los recursos disponibles para su implementación, así como contar con una señalización adecuada que restrinja el acceso a particulares y lo más importante, tener el equipo de comunicación adecuado para asegurar de forma permanente el trabajo de los operadores en caso de emergencia.

5. Los trabajos de mantenimiento preventivo y permanente son necesarios en todas las épocas del año, para mantener expedito el paso de automotores y personas; lo que repercute en reducción de costos en trabajos correctivos.

6. Las obras de arte en carreteras pavimentadas son obras complementarias necesarias para su estabilización, también un control sobre la evacuación de aguas pluvias y comunicación de los cursos de agua permanentes y temporales, son necesarios e imprescindibles para disminuir la erosión del terreno, contaminación de cursos de agua y mejorar la estabilidad de los caminos.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario el mantenimiento preventivo y permanente, principalmente en plataformas, drenajes y subdrenajes, derecho de vía, señalización y seguridad vial, para que la red se mantenga en condiciones óptimas de tránsito.
2. Las obras de arte en las carreteras pavimentadas del país deberán planificarse, programarse, ejecutarse y supervisarse con una evaluación de impacto ambiental acorde a la región y sus características.
3. Es necesario mejorar los sistemas de monitoreo vehicular, ya que un sistema de transporte confiable, eficiente y oportuno le dará funcionalidad a la vialidad y mejoran su vida útil.
4. Coordinar y elaborar con instituciones estatales, que actualmente realizan los estudios necesarios y ejecución de protección para las obras de arte existentes en las carreteras, a través de métodos preventivos para conservar la vida útil de los mismos y proporcionar funcionalidad en cualquier tramo carretero.
5. Utilizar propuestas de mejoramiento en cualquier área de ejecución, supervisión y mantenimiento en el conjunto de construcciones de obras de arte que a menudo realizan en las regiones de mayor vulnerabilidad.

6. La seguridad vial y ocupacional son dos factores que deben reforzarse y consolidarse a través de construcciones seguras de conformidad a especificaciones técnicas y disposiciones especiales, así como la debida observancia de normas y leyes vigentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos. [en línea].
<<http://www.caminos.gob.gt.>>. [Consulta: 03 febrero 2014].
2. *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda de la República de Guatemala. 2001. 190 p.
3. KRAEMER Carlos. PARDILLO, José María. ROCCI, Sandro. ROMANA, Manuel G. SÁNCHEZ BLANCO, Víctor. DEL VAL, Miguel Ángel. *Ingeniería de Carreteras. Volumen 1 y 2*. México: McGraw-Hill, 2009. 584 p.
4. MERRIT, Frederick. LOFTIN, M. Kent. RICCKETTS, Jonathan T. *Manual del ingeniero civil. Tomo 1 y 2*. México: McGraw-Hill. 2009. 197 p.
5. Ministerio de Infraestructura y Vivienda. [en línea].
<<http://www.civ.gob.gt.>>. [Consulta: 17 marzo 2014].
6. OLIVERA BUSTAMENTE, Fernando. *Estructuración de Vías Terrestres*. 2a ed. México: Continental. 1986. 413 p.

