



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

GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERAS DE TERRACERÍA

ESTUARDO JEREZ SANTOS

ASESORADO POR
Ing. EDGAR FERNANDO VALENZUELA VILLANUEVA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO
DE CARRETERAS DE TERRACERÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ESTUARDO JEREZ SANTOS

ASESORADO POR
Ing. EDGAR FERNANDO VALENZUELA VILLANUEVA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS
VOCAL I:
VOCAL II: Lic. AMAHÁN SÁNCHEZ ÁLVAREZ
VOCAL III: Ing. JULIO DAVID GALICIA CELADA
VOCAL IV: Br. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ
VOCAL V: Br. ELISA YAZMINDA VIDES LEIVA
SECRETARIA: Inga. MARCIA IVONNE VÉLIZ VARGAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

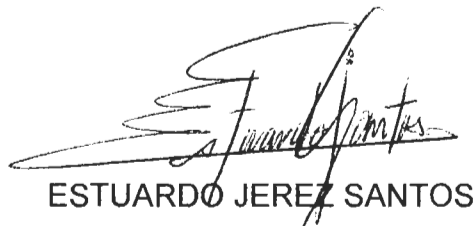
DECANO: Ing. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR: Ing. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO
EXAMINADOR: Ing. EDGAR FERNANDO VALENZUELA VILLANUEVA
EXAMINADOR: Ing. ALFREDO ENRIQUE BEBER ACEITUNO
SECRETARIA: Inga. HILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO
DE CARRETERAS DE TERRACERÍA

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, con fecha 09 de octubre de 1,997.



ESTUARDO JEREZ SANTOS

Guatemala, 04 de noviembre de 2,004

Ingeniero
Celvin Enrique Estrada Barrera
Jefe del Departamento de Transporte
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

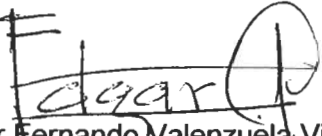
Estimado Ingeniero:

Me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he asesorado, revisado y efectuado las correcciones del caso, para el trabajo de tesis titulado GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERAS DE TERRACERÍA, a cargo del estudiante ESTUARDO JEREZ SANTOS.

Considerando que dicha tesis satisface los requisitos que exige la facultad, hago constar que la misma es aprobada de mi parte.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva
Colegiado No. 2836
Asesor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 10 de agosto 2005

Ingeniero:

Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
USAC

Señor Director:

Por este medio me dirijo a Usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación titulado **“GUIA PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE CARRETERAS DE TERRACERIA”**, desarrollado por el estudiante **ESTUARDO JEREZ SANTOS**, quién contó con la asesoría del Ingeniero Edgar Fernando Valenzuela Villanueva.

Considerando que el trabajo en mención fue realizado de acuerdo a los requisitos exigidos y es de utilidad, en forma especial para las empresas y profesionales que se dedican a esta actividad, por tal razón doy mi aprobación al presente trabajo de graduación, solicitando dar el respectivo trámite al mismo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. René Rolando Vargas Oliva
Revisor por el Departamento de Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva y del Jefe del Departamento de Transporte, Ing. René Rolando Vargas Oliva, al trabajo de graduación del estudiante Estuardo Jerez Santos, titulado GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERAS DE TERRACERIA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez



Guatemala, septiembre de 2005.

/bbdeb.



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: **GUIA PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERAS DE TERRACERÍA**, presentado por el estudiante universitario **Estuardo Jerez Santos**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Glympto Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, septiembre de 2,005

/cdes

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios.

Ingeniero Edgar Fernando Valenzuela Villanueva, por su asesoría en el presente trabajo.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH-, en especial a la Sección de Hidrología, por su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria.

Fondo Nacional Para La Paz –FONAPAZ- y a Constructora CIPSA por brindarme la oportunidad de ejercer en el campo de la Ingeniería.

Todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización del presente trabajo de graduación.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

MIS PADRES:

Francisco Jerez Pérez (E.P.D.)
Lucía Santos de Jerez (E.P.D.)

MI ESPOSA:

Ana Luisa Girón de Jerez

MIS HIJOS:

Francisco Estuardo Jerez Girón
Brenda María Jerez Girón
Luis Eduardo Jerez Girón

MIS HERMANOS:

Juana Luz Jerez Santos
Francisco Adalberto Jerez Santos
Rosario Salvador Jerez Santos

TODOS MIS FAMILIARES

TODOS MIS AMIGOS

LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA

INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA,
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA –INSIVUMEH–

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	III
GLOSARIO.....	V
JUSTIFICACIÓN.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. ESTUDIO DEL PROYECTO.....	1
1.1 Ciclo del proyecto.....	1
1.2 Estudio de preinversión.....	3
1.3 Evaluación del proyecto.....	9
2. REQUISITOS Y CONDICIONES PARA PRESENTACIÓN DE OFERTAS.....	15
2.1 Precalificación.....	15
2.2 Invitación para presentar ofertas para cotización o licitación pública.....	18
2.3 Bases de cotización o licitación.....	18
3. RECONOCIMIENTO DE CAMPO, ELABORACIÓN, PRESENTACIÓN Y ADJUDICACIÓN DE OFERTAS.....	21
3.1 Reconocimiento de campo.....	21
3.2 Elaboración de oferta.....	22
3.3 Presentación y apertura de las ofertas.....	23
3.4 Adjudicación.....	24

4.	ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO.....	27
4.1	Superintendente.....	28
4.2	Ingenieros auxiliares.....	28
4.3	Jefe de Ingeniería.....	29
4.4	Jefe de tramo.....	30
4.5	Jefe de grupo.....	30
4.6	Jefe de laboratorio.....	31
4.7	Jefe de convoy.....	31
4.8	Jefe de mecánica y mantenimiento.....	32
4.9	Secretario (a).....	34
4.10	Planillero.....	34
4.11	Bodeguero.....	35
4.12	Operador de medios de comunicación.....	35
4.13	Encargado de compras.....	35
5.	SELECCIÓN DE EQUIPO Y PERSONAL.....	39
5.1	Selección de equipo.....	39
5.2	Selección de personal.....	43
6.	EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO.....	45
6.1	Movilización.....	46
6.2	Replanteo y levantamiento topográfico para cons- trucción.....	46
6.3	Señalización, control de tránsito y mantenimiento de la carretera.....	49
6.4	Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos...	50
6.5	Limpia, chapeo y destronque.....	50
6.6	Movimiento de tierras.....	51

6.7	Zampeado.....	61
6.8	Gaviones y colchones para revestimiento.....	62
6.9	Muros de retención de concreto reforzado.....	65
6.10	Drenaje transversal.....	66
6.11	Drenaje longitudinal.....	73
6.12	Sub-drenaje.....	74
6.13	Mampostería.....	76
6.14	Capa de rodadura.....	78
6.15	Construcciones complementarias.....	82
6.16	Limpia final del derecho de vía.....	83
6.17	Aspectos ambientales.....	84
6.18	Desmovilización.....	85
6.19	Detalles de carretera.....	87
7.	CONTROLES DE TRABAJO Y LIQUIDACIÓN DEL PROYECTO..	125
7.1	Cronograma de ejecución.....	125
7.2	Control de la ejecución del proyecto.....	127
7.3	Estimaciones de trabajo efectuado.....	129
7.4	Inspección y recepción finales.....	129
7.5	Liquidación y pagos finales.....	131
7.6	Finiquito.....	132
	CONCLUSIONES.....	135
	RECOMENDACIONES.....	137
	BIBLIOGRAFÍA.....	139
	APÉNDICES.....	141
A)	Especificaciones.....	143
B)	Utilización de piedra como elemento de pavimentación.....	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Página
1:	Elementos del gavión.....	89
2:	Gaviones tipo caja.....	91
3:	Gaviones tipo colchón.....	91
4:	Muro de contención de gaviones.....	93
5:	Planta de drenaje transversal.....	95
6:	Isométrico de drenaje transversal.....	97
7:	Detalle de muro de desfogue.....	99
8:	Detalle de cabezal con caja reunidora de caudales.....	99
9:	Detalle de unión de tubos de cemento.....	99
10:	Instrucciones para el armado de alcantarilla anidable con brida....	101
11:	Instrucciones para colocación de alcantarilla anidable con brida....	105
12:	Sección típica de cuneta revestida con piedra bola ligada con mortero.....	109
13:	Sección típica de cuneta de concreto.....	109
14:	Cuneta tipo de sección triangular y contracuneta trapezoidal para caminos tipo "F"	111
15:	Sub-drenaje de tubería perforada.....	113
16:	Sub-drenaje de drenaje francés.....	115
17:	Muros de contención de mampostería de piedra unida con mortero de cemento Portland.....	117
18:	Muros de contención por gravedad de concreto con sobrecarga infinita y plataforma cargada.....	119

19:	Sección típica de terracería en tangente.....	121
20:	Sección típica de terracería en curva.....	121
21:	Sección cuneta de tierra.....	121
22:	Sección típica empedrada en tangente.....	123
23:	Sección típica empedrada en curva.....	123

GRÁFICAS

No.	Título	Página
1:	Organigrama sugerido para proyecto de rehabilitación y mejoramiento de carretera de terracería.....	37
2:	Cronograma de ejecución proyecto típico.....	126

CUADROS

No.	Título	Página
1:	Grupos de capacidad económica anual.....	16
2:	Especialidades para los efectos de precalificación de empresas para ejecución de obras.....	17
3:	Gaviones tipo caja y tipo colchón que se distribuyen en Guatemala, fabricados, clasificados e identificados conforme normas ASTM.....	91
4:	Estimación para pago.....	130

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

AASHTO	"American Association of State Highway and Transportation Officials", o sea Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes.
ASTM	"American Society for Testing and Materials", o sea Sociedad Americana Para Pruebas y Materiales.
BM	Banco de Marca de Nivel Fijo.
CBR	Relación de Soporte California. Índice del valor o capacidad de soporte de un suelo.
Cm	Centímetro.
CPM	Método de la Ruta Crítica. Eficaz para la planificación, programación y control de toda clase de proyectos.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
COVIAL	Unidad Ejecutora de Conservación Vial.
D.G.C.	Dirección General de Caminos.
f'c	Resistencia mínima a la compresión.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
Kg/año	Kilogramo por año.
Kg/Cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado.
Kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico.
Km	Kilómetro.
lb/p ³	Libra por pie cúbico.
lb/pulg ²	Libra por pulgada cuadrada.
M	Metro.
m ²	Metro cuadrado.
Mec.	Mecánica.

Min	Mínimo.
Mm	Milímetro.
Mpa	Megapascales.
Mts	Metros.
No.	Número.
Of.	Oficina.
PVC	Cloruro de polivinilo.
Psi	Libra por pulgada cuadrada
Q	Quetzales.
Q/M3	Quetzales por metro cúbico.
TPDA	Tránsito promedio diario anual.
Vo.Bo.	Visto Bueno.
%	Por ciento.
°	Grado angular.
“	Pulgadas.
ϕ min	Diámetro mínimo.

GLOSARIO

Adhesión: fenómeno de unión de las superficies de cuerpos puestos en contacto; se debe a la acción de fuerzas intermoleculares.

Cohesión: propiedad del suelo por la cual las partículas se mantienen unidas por adhesión. Asimismo, la capacidad del suelo de resistir el deslizamiento o corte, se determina por su grado de cohesión.

Contratante: es el representante debidamente autorizado, del Estado, de una persona natural o jurídica, compañía o sociedad, o empresa colectiva, en quien se ha delegado la responsabilidad de ejecutar y administrar los contratos.

Contratista: la persona individual o jurídica, compañía o sociedad, o cualquier combinación aceptable de éstas, o empresa colectiva, con quien el Contratante ha celebrado contrato para la ejecución de una obra o servicio.

Contrato: instrumento jurídico suscrito entre el Contratante y el Contratista, de conformidad con las Leyes de la República de Guatemala, en donde se norman los derechos y obligaciones de ambas partes para la ejecución de los trabajos de un determinado proyecto.

Densidad: la relación del peso de la sustancia a su volumen, expresada normalmente en kg/m³ o lb/pies³.

Elasticidad: característica del suelo que permite su deformación al estar sometido a una carga, pero que vuelve a su configuración original una vez retirada dicha fuerza.

Estabilizar: afirmar el suelo para impedir su movimiento.

Estado: la República de Guatemala, Centroamérica, actuando por medio de sus representantes legales autorizados; específicamente representado por el Ministro del ramo.

Humedad óptima: la cantidad de agua necesaria para revestir y lubricar cada partícula de suelo, para conseguir una densidad máxima del suelo mediante compactación para efectos de densificación.

Índice de plasticidad: la diferencia numérica entre el límite líquido del suelo y el límite plástico.

Límite líquido: el contenido de agua al cual el suelo cambia de estado plástico a estado líquido; en otras palabras, el contenido de humedad de un suelo en el límite superior del intervalo plástico.

Límite plástico: el contenido mínimo de agua con el cual el suelo permanece en estado plástico, es decir, el contenido de humedad de un suelo en el límite inferior del intervalo plástico.

Mantenimiento: conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación que se realizan de manera regular y ordenada en una carretera, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida de servicio, al máximo compatible con las previsiones de diseño y construcción de la obra.

Plasticidad: capacidad del suelo a ser moldeado sin sufrir cuarteo superficial.

Permeabilidad: grado de filtración de agua del suelo por efecto de gravedad.

Prueba Proctor modificada: prueba de especificaciones más rígidas que la prueba estandar de Proctor. La diferencia básica consiste en el empleo de una pieza más pesada que se deja caer de una distancia mayor en el laboratorio.

Prueba Proctor standard: ensayo desarrollado por R. R. Proctor, que permite conocer las características de compactación de un suelo: humedad óptima y densidad máxima.

Relación de soporte California (CBR): es un índice del valor o capacidad de soporte de un suelo.

Sub-rasante: capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Supervisora: empresa individual o jurídica cuya función es la supervisión técnica y control administrativo de los trabajos del proyecto.

Terracería: prisma en corte o relleno en que se construye la carretera conforme se muestra en la sección típica.

Tránsito: circulación de personas, vehículos y animales por las vías públicas.

Tránsito promedio diario anual (TPDA): es el volumen anual total de tránsito que circula por un punto dividido entre el número de días que tiene un año.

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo integral de Guatemala depende en gran porcentaje del aprovechamiento de los recursos del agro, del desarrollo de la industria y del comercio, de la educación, la salud y la seguridad ciudadana, lo cual está ligado íntimamente a las condiciones de tránsito que prevalezcan en la red vial en toda época del año.

Las carreteras de terracería conectan poblaciones y regiones a las carreteras principales. De ahí la importancia de la rehabilitación y mejoramiento de las mismas, que es una estrategia de mantenimiento que incluye obras importantes en su estructuración, eliminando fallas existentes y adaptándolas a mejores condiciones de servicio.

OBJETIVOS

GENERALES

1. Elaborar un documento que sirva de guía para la rehabilitación y mejoramiento de carreteras de terracería, basado en las más recientes especificaciones para la construcción y en la experiencia de personas profesionales, técnicas y obreras que trabajan en el ramo, libros de texto, manuales y tesis de graduación.
2. Elaborar un documento que dé a conocer el ciclo del proyecto de rehabilitación y mejoramiento de carreteras, que va desde la generación y análisis de la idea hasta la operación misma.

ESPECÍFICOS

1. Proyectar una obra de consulta de actualidad dado el impulso de proyectos dentro de los programas de rehabilitación del país en la época de la pos-guerra interna.
2. Dar a conocer criterios y recomendaciones que contribuyan al proceso de rehabilitación y mejoramiento de carreteras de terracería.
3. Incluir la utilización de piedra como elemento de pavimentación en tramos carreteros con pendientes pronunciadas y en hondonadas.

INTRODUCCIÓN

La rehabilitación y mejoramiento de carreteras consiste en la ejecución de los trabajos necesarios, con el objeto de restablecer la estructura de las mismas a su condición original, y dotarlas si el caso lo amerita de mejores condiciones físicas y operativas para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor servicio al usuario agregándoles nuevas características.

El presente trabajo de graduación está elaborado para que sirva de guía a estudiantes, profesionales de la Ingeniería o cualquier persona relacionada con el ramo, en el proceso completo que conllevan los proyectos de este tipo. Está basado en las más recientes especificaciones para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos, la Ley de Contrataciones del Estado y Su Reglamento vigentes a la fecha, así como en la experiencia de personas profesionales, técnicas y obreras que trabajan en el desarrollo de este tipo de proyectos.

Está constituido de tal forma que el lector pueda conocer el ciclo del proyecto de principio a fin, es decir, desde que se genera la idea, hasta que se pone en operación el proyecto ejecutado satisfactoriamente.

El trabajo inicia dando a conocer en el primer capítulo lo referente al estudio del proyecto, desde que surge la necesidad hasta la evaluación y aprobación del mismo. Continúa en el capítulo dos con los requisitos y condiciones que deben cumplir los contratistas para presentar ofertas, luego de que la entidad interesada realice la invitación a través de los mecanismos de cotización o licitación pública.

El capítulo tres contiene las actividades concernientes al reconocimiento de campo, elaboración y presentación de ofertas por parte del contratista y adjudicación de la obra por quien corresponda.

Una vez adjudicada la obra, el paso siguiente es que el contratista proceda a la organización del proyecto y selección de equipo y personal, actividades que dependen de las características propias de la obra a realizar. En los capítulos cuatro y cinco se da a conocer lo referente al tema.

Los renglones de trabajo a ejecutar también son propios de cada proyecto. En el capítulo seis, se contemplan los trabajos que regularmente se realizan en los proyectos de rehabilitación y mejoramiento, desde la movilización hasta la desmovilización. Este capítulo se refiere a la ejecución física del proyecto.

Por último, el capítulo siete contiene lo referente a los controles de trabajo, estimaciones de trabajo efectuado, inspección y recepción finales, liquidación y pagos finales, hasta la obtención del finiquito.

1. ESTUDIO DEL PROYECTO

1.1 Ciclo del proyecto

Proyecto es un conjunto de actividades planificadas y relacionadas entre sí, que mediante productos concretos, dentro de un período de tiempo determinado, permite solucionar un problema o mejorar una situación específica. Es una decisión sobre el uso de recursos que se puede materializar en una obra física y/o en una acción con el objetivo de incrementar, mejorar o mantener la producción de bienes o prestación de servicio y/o incrementar, mejorar o recuperar la capacidad de generación de beneficios de un recurso humano o físico. El ciclo del proyecto es la transformación de ideas hasta la puesta en marcha o implementación de ellas.

En la trayectoria de los proyectos se pueden distinguir tres etapas sucesivas: preinversión, inversión y operación.

La etapa de preinversión cubre los pasos siguientes:

1. Generación y análisis de la idea del proyecto, la cual se lleva a cabo a través de diagnósticos, de planes de desarrollo, de demandas de la comunidad o de la existencia de una oportunidad.
2. El estudio a nivel de perfil, donde se precisa el análisis de los elementos contemplados en la idea, se analiza el grado de viabilidad técnica de las alternativas planteadas, se evalúa preliminarmente el impacto ambiental, y se determinan beneficios, presupuesto de inversión y operativo a nivel preliminar.

Se toma la decisión de pasar a etapa más avanzada (pre o factibilidad), desecharlo por completo, archivarlo para una reconsideración en el futuro o pasar a diseño y ejecución dependiendo del monto de inversión y fuentes de financiamiento que pueda tener la entidad interesada.

3. Estudio de prefactibilidad, donde se estudian con mayor detalle la información proveniente del perfil y se evalúan las alternativas a nivel técnico, económico y social, determinado el grado de bondad de cada una con el propósito de compararlas y ordenarlas. Al igual que el anterior paso, se toma la decisión de pasar a una etapa más avanzada (factibilidad), desecharlo por completo, archivarlo para una reconsideración en el futuro o pasar a diseño y ejecución dependiendo del monto de inversión y fuentes de financiamiento que pueda tener la entidad interesada.

4. Estudio a nivel de factibilidad, donde se procede a un análisis detallado y preciso de todos los elementos que conforman el proyecto, se justifica a nivel técnico y económico la alternativa seleccionada, se procede con un análisis de sensibilidad o de riesgo e incertidumbre y se elabora el diseño preliminar o final. Se toma la decisión de archivarlo para una reconsideración en el futuro o pasarlo a diseño y ejecución.

La etapa de inversión comprende:

1. El diseño del proyecto, consistente en la ingeniería de detalle y/o de arquitectura.

2. Ejecución, que es el desarrollo de la obra física.

La etapa de operación comprende la puesta en marcha del proyecto.

1.2 Estudio de preinversión

Se hace a solicitud de la entidad interesada. Para las actividades que conlleva el estudio de preinversión del proyecto, se necesita personal profesional y técnico con amplia experiencia en diseño y construcción de carreteras.

Las principales actividades a realizar son las siguientes:

a) Inspección o reconocimiento de la carretera a rehabilitar: Consiste en una o varias visitas de campo con el objeto de registrar aspectos técnicos y legales, condiciones socioeconómicas de la población que se beneficiará directamente así como la verificación de la sostenibilidad.

b) Estudio de tránsito: Que sirve para determinar la composición y volumen del tránsito en una carretera o sistemas de carreteras, los cuales pueden hacerse por medio de recuentos manuales o por la combinación de métodos manuales y mecánicos. Interesa determinar el tránsito promedio diario anual (TPDA), que es el volumen anual total de tránsito que circula por un punto, dividido por el número de días que tiene un año.

Para los estudios de clasificación de tránsito por carreteras, se sigue un ordenamiento que permite separar el tránsito liviano del tránsito pesado y conocer la proporción de vehículos de pasajeros a vehículos de carga dentro del flujo total.

Con tal motivo se clasifican los vehículos en siete categorías:

1. Automóviles, Jeeps

2. Camiones livianos (2 ejes, 4 llantas)
3. Camiones pesados (6 llantas o más)
4. Camiones remolques
5. Microbuses
6. Buses
7. Otros (Motocicletas, bicimotos, etc.)

La suma de las categorías 3, 4 y 6 componen el tránsito cuya importancia es definitiva en los criterios de capacidad y diseño. Los grupos 1, 5, 6 y 7 integran el tránsito de pasajeros.

Todos aquellos vehículos cuya carga total es superior a 3 toneladas métricas, son catalogados como vehículos pesados.

c) Levantamiento topográfico: El cual debe comprender planimetría, altimetría y dibujo.

d) Identificación y localización de trabajos a realizar: Los cuales por tratarse de un proyecto de rehabilitación y mejoramiento pueden ser todos o varios de los renglones siguientes:

- 1- Replanteo y levantamiento topográfico para construcción
- 2- Señalización, control de tránsito y mantenimiento de la carretera
- 3- Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos
- 4- Limpia, chapeo y destronque
- 5- Movimiento de tierras
- 6- Zampeado
- 7- Gaviones
- 8- Muros de retención de concreto reforzado
- 9- Drenaje transversal

- 10- Drenaje longitudinal
- 11- Sub-drenaje
- 12- Mampostería
- 13- Capa de rodadura
- 14- Construcciones complementarias
- 15- Trabajos inherentes a aspectos ambientales

e) Diseño: El diseño geométrico depende del tipo de pista, en este caso de terracería, y del tránsito proyectado en un período establecido a partir de que concluye la ejecución del proyecto. En el cuadro 1 del apéndice A, se puede observar algunas características geométricas basadas en las especificaciones para carreteras y puentes de la American Association Of State Highway And Transportation Officials (AASHTO).

El diseño geométrico de la carretera a rehabilitar y mejorar debe hacerse tanto para los tramos de construcción como para los tramos existentes que ameriten modificación sustancial del alineamiento horizontal y/o vertical.

Se recomienda consultar la tesis de graduación del Ing. Augusto René Pérez Méndez titulada Metodología de Actividades Para el Diseño Geométrico de Carreteras, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, octubre de 1,989.

Comprende este tema entre otros, el diseño de secciones típicas, de drenaje transversal, drenaje longitudinal, sub-drenaje, elementos de mampostería y diseño de capa de rodadura.

f) Dibujo especial: El cual consiste en realizar la planta y perfil general, secciones típicas, detalles de drenaje transversal y longitudinal, elementos de mampostería, capa de rodadura, drenaje mayor y cualquier otro elemento que sea parte de los trabajos a realizar.

g) Estimación de cantidades de trabajo e integración de costo de referencia.

h) Elaboración de cronograma de ejecución.

i) Revisión final y correcciones.

j) Informe final: Es el documento presentado a la entidad interesada en la realización del proyecto que contiene los antecedentes y documentación completa para luego realizar la evaluación del mismo y tomar la decisión de llevar a cabo o no el desarrollo de la obra física. Dicho informe debe contar como mínimo con los siguientes aspectos:

- 1- Nombre del proyecto
- 2- Diagnóstico
- 3- Antecedentes
- 4- Identificación de la problemática a resolver
 - 4.1 Problema
 - 4.2 Efectos
 - 4.3 Causas
- 5- Justificación
- 6- Objetivos
- 7- Ubicación del proyecto
- 8- Población beneficiada
- 9- Descripción socioeconómica
- 10- Caracterización del área de estudio
 - 10.1 Área geográfica
 - 10.2 Área de influencia
 - 10.3 Descripción geográfica
- 11- Servicios
- 12- Aspectos técnicos

- 12.1 Localización
- 12.2 Tamaño
- 13- Tecnología
- 14- Análisis de alternativas
 - 14.1 Identificación de alternativas
 - 14.2 Alternativa seleccionada
- 15- Formulación del proyecto
 - 15.1 Descripción del proyecto
- 16- Aspectos financieros
 - 16.1 Costos de ejecución
 - 16.2 Operación, mantenimiento y vida útil
 - 16.3 Administración
 - 16.4 Fuente de financiamiento
- 17- Aspectos legales
- 18-Anexos
 - 18.1 Bases de diseño y especificaciones técnicas
 - 18.2 Cálculo de movimiento de tierras
 - 18.3 Libretas de topografía
 - 18.4 Plano de localización
 - 18.5 Diseño planimétrico y altimétrico
 - 18.6 Planos con detalles de drenaje transversal, drenaje longitudinal, sub-drenaje, elementos de mampostería, diseño de capa de rodadura, etc.
 - 18.7 Dibujo de secciones transversales
 - 18.8 Dibujo de secciones típicas, taludes y cunetas
 - 18.9 Presupuesto detallado
 - 18.10 Cronograma de ejecución e inversión

Además dependiendo de la envergadura del proyecto de rehabilitación y mejoramiento se deberá contar con el estudio de impacto ambiental ya aprobado y como mínimo en este aspecto se deberá llenar el Formulario

Ambiental del Ministerio de Ambiente Y Recursos Naturales para su aprobación, en el cual se requiere la siguiente información:

I. Datos generales

Institución

Número de Identificación tributaria

Representante legal

Actividad principal en la Institución del representante legal

Dirección para recibir notificación

Teléfono y fax

Identificación comercial

II. Ubicación y descripción general de la obra o actividad proyectada

A. Nombre del proyecto

B. Descripción general y especificaciones del proyecto o actividad

C. Vida útil del proyecto o actividad

D. Área o situación legal de la finca en donde se ubicará el proyecto o actividad (Libro, folio y número)

E. Superficie estimada del proyecto en metros cuadrados

F. Colindancias y actividades que desarrollan en el predio

G. Trabajos necesarios para preparación del terreno

H. Vías de acceso (Calles y avenidas)

I. Fuente de suministro y requerimiento de energía y combustibles utilizados

J. Fuente de suministro de agua y sus requerimientos de agua cruda y/o potable

III. Descripción del proyecto

K. Recursos naturales del área que serán aprovechados en las diferentes etapas.

L. Indicar cada sustancia o material que serán utilizados en el proceso, mas de 20Kg/año detallado

IV. Control ambiental (Impacto ambiental)

M. Residuos y/o contaminantes que serán generados (en cantidades y contenidos)

N. Emisiones a la atmósfera (gases, humo, etc.)

O. Descarga de aguas residuales

P. Desechos sólidos (Que clase de basura)

Q. Ruidos y/o vibraciones

R. Contaminación visual

V. Plan de mitigación

VI. Lugar y fecha

VII. Firma y sello del solicitante

1.3 Evaluación del proyecto

La evaluación de un proyecto es el conjunto de actividades y procedimientos técnicos que, tomando en cuenta los componentes sociales, legales, ambientales, tecnológicos y económico-financieros, permiten definir, en términos cualitativos y cuantitativos, la viabilidad o no de los mismos. Es el resultado de un proceso de análisis mediante: a) la aplicación de criterios generales de carácter social, técnico, económico, financiero, ambiental y legal, b) la visita de campo, la cual en casos especiales puede ser optativa, y c) la aplicación de criterios paramétricos según la clase de proyecto.

La evaluación se realiza cuando se ha perfeccionado el expediente el cual incluye el estudio de preinversión. El evaluador tiene que ser una persona natural o jurídica que esté capacitada y autorizada para determinar la viabilidad técnica, social, económica, legal y ambiental del proyecto. El personal que tiene a su cargo esta responsabilidad debe contar con los conocimientos y la experiencia en formulación y evaluación de proyectos, con especialidad en campos del conocimiento que demanden los proyectos mismos.

El proceso de evaluación se realiza en las siguientes etapas:

1. Verificación del expediente: el evaluador revisa los documentos que contiene el expediente y verifica que cumple los requisitos establecidos para el proyecto. Como producto de la verificación del expediente, el evaluador determina si se requiere de visita de campo y procede a su programación.

2. Visita de campo: para verificar aspectos técnicos y legales, condiciones socioeconómicas de la población beneficiaria directa y condiciones de sostenibilidad. Como producto de la visita el proyecto puede ser declarado no viable o continuar el proceso de análisis de gabinete.

3. Análisis de gabinete: a) Evaluación de componentes sociales tales como si el proyecto da respuesta efectiva a las necesidades de la comunidad. b) Evaluación técnica: que garantice la calidad del proyecto y el cumplimiento de los objetivos del mismo, para lo cual se requiere evaluar la descripción técnica que contiene criterios propios de la propuesta tecnológica tales como parámetros de diseño, materiales a utilizar, vida útil, facilidad de operación y mantenimiento; análisis de localización del proyecto, dimensionamiento, sostenibilidad, operación y mantenimiento. c) Evaluación ambiental identificando los impactos esperados y estableciendo las medidas de mitigación. d) Evaluación de aspectos legales principalmente sobre la

seguridad del derecho de vía. e) Evaluación económico-financiera: regularmente en la preparación y evaluación de proyectos viales se toman en cuenta los siguientes factores determinantes:

- i) Medida de los costos económicos, donde generalmente, además de los costos mismos que conlleva el proyecto, se incluyen los intereses cuando existen financiamientos fuera de los ingresos ordinarios del gobierno. Aquí se incluyen también los gastos de mantenimiento, asumiendo por lo regular una cantidad fija anual para toda la vida útil del proyecto.
- ii) Medida de los beneficios económicos, mucho más difícil que la medida de los costos ya que aún cuando sean directos, son difíciles expresar en términos monetarios. Dentro de los beneficios directos pueden mencionarse la comodidad y conveniencia de una carretera mejorada y menores costos de transporte.

Más difícil aún es la medida de los beneficios económicos cuando son indirectos tales como el estímulo a la economía de una mejora de transporte, ya que para materializarse se requiere necesariamente de inversiones en otros campos de la actividad económica. Los beneficios que pueden atribuirse a la construcción o mejoramiento de una carretera son innumerables: logro de una mayor unidad política, seguridad interna, prestación de servicios sanitarios, mejoramiento de la educación, del turismo, etc.

Constituye entonces el propósito básico de la evaluación económica de un proyecto, medir sus costos y beneficios económicos, a fin de determinar si sus beneficios netos son cuando menos iguales a los que se obtendrían de otras oportunidades de inversión.

Escapa a los fines de este trabajo profundizar en los métodos de determinación de beneficios.

Debe integrarse con claridad el tipo de aporte, cantidad, procedencia de los mismos y el momento en que se realizarán. Se especificará el procedimiento a seguir para la contratación que puede ser por cotización o licitación pública.

También dependiendo del carácter de urgencia de un proyecto y del monto al cual ascienda el presupuesto, cuando es declarado de emergencia nacional por el Congreso de la República, se puede efectuar por contratación automática o convenio.

4. Proyecto no viable: la no viabilidad de un proyecto puede darse por dos razones: a) debido a criterios técnicos aplicados en la evaluación y que no fueron superados y, b) que la entidad que promueve el proyecto no tenga la disponibilidad financiera necesaria.

5. Proyecto listo para aprobación: constituye la salida del proyecto hacia la instancia de aprobación luego de ser evaluado satisfactoriamente. El evaluador dará el soporte para la documentación de apoyo tales como especificaciones técnicas, cuadros de cantidades de trabajo, tiempo estimado de ejecución y costo de referencia entre otros. Luego de la aprobación correspondiente por la instancia respectiva, el proyecto deberá ser cotizado o licitado.

Criterios Paramétricos

Algunos de los criterios paramétricos en la evaluación de proyectos de carreteras de terracería y cuyos valores varían dependiendo de la entidad interesada son los siguientes:

Criterios de diseño:

- Ancho mínimo de rodadura
- Ancho mínimo de cunetas
- Pendiente máxima sin revestimiento
- Pendiente máxima con revestimiento y con cierta longitud máxima
- Recubrimiento mínimo de balasto
- Pendiente mínima de bombeo
- Distancia máxima de separación de alcantarillas

Razonabilidad de costos:

- Mínimo de familias a beneficiar
- Área mínima con potencia agrícola a beneficiar
- Inversión máxima por número de familias
- Inversión máxima según hectáreas de producción
- Inversión máxima por kilómetro
- Inversión máxima por beneficiario final
- Costo máximo anual de operación y mantenimiento

Impactos ambientales esperados:

- Contaminación de agua superficial
- Sedimentación por escorrentía
- Erosión del suelo
- Reducción de cobertura vegetal
- Incremento de caudal en cuencas o micro-cuencas
- Variación del flujo

Medidas de mitigación:

- Tratamiento de drenaje superficial

Mantenimiento rutinario en alcantarillas

Obras de protección

Reforestación

Protección de micro-cuencas

Documentación legal de respaldo:

Derechos de vía en terrenos interconectados

Constancia de servidumbres

2. REQUISITOS Y CONDICIONES PARA PRESENTACIÓN DE OFERTAS

2.1 Precalificación

Para que una persona individual o jurídica pueda participar en cotizaciones, licitaciones públicas o en presentación de ofertas para ejecutar proyectos de carretera, es requisito indispensable que esté inscrita en el Registro de Precalificados de El Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de la República de Guatemala.

La precalificación se obtiene luego de proporcionar al Registro de Precalificados de Obras, la información que permita a la Comisión Calificadora hacer un análisis de la capacidad técnica y financiera, de organización empresarial y experiencia de los interesados.

Dicha Comisión al resolver favorablemente otorga la vigencia del precalificado para un año lectivo y ubica a la empresa en un grupo de capacidad económica anual designada con una literal como se puede ver en el cuadro 1.

También se ratifican las especialidades técnicas asignadas (ver cuadro 2), por lo que desde el momento en que el representante legal de la empresa es notificado de la resolución, queda en la obligación de informar al Registro dentro del término de cinco días de toda licitación o cotización que se le adjudique o de cualquier obligación que contraiga ya sea en el sector Público o en el sector Privado.

Si se omite el aviso mencionado se sanciona al adjudicatario suspendiendo la inscripción en el registro durante seis meses y si se comprueba carencia de capacidad económica para la adjudicación de la obra que se trate, la suspensión será de un año. Para participar en cotizaciones o licitaciones, El Registro de Precalificados de Obras extiende constancia específica para cada proyecto previa solicitud por escrito del propietario o representante legal de la empresa.

Cuadro 1.

GRUPOS DE CAPACIDAD ECONÓMICA ANUAL		
" A "	Hasta	Q500,000.00
" B "	Hasta	Q1,000,000.00
" C "	Hasta	Q2,000,000.00
" D "	Hasta	Q3,000,000.00
" E "	Hasta	Q4,000,000.00
" F "	Hasta	Q5,000,000.00
" G "	Hasta	Q6,000,000.00
" H "	Hasta	Q7,000,000.00
" I "	Hasta	Q8,000,000.00
" J "	Hasta	Q10,000,000.00
" K "	Hasta	Q15,000,000.00
" L "	Hasta	Q20,000,000.00
" M "	Hasta	Q25,000,000.00
" N "	Hasta	Q30,000,000.00
" Ñ "	Hasta	Q40,000,000.00
" O "	Hasta	Q50,000,000.00
" P "	Hasta	Q75,000,000.00
" Q "	Hasta	Q100,000,000.00
" R "	Mas de	Q100,000,000.00

Fuente: Ley de Contrataciones del Estado, su Reglamento y Reformas, Decreto No. 57-92 del Congreso de la República de Guatemala.

Cuadro 2.

ESPECIALIDADES PARA LOS EFECTOS DE PRECALIFICACIÓN DE EMPRESAS PARA EJECUCIÓN DE OBRAS	
1	Excavaciones
2	Movimiento de tierras
3	Puentes
4	Estructuras de drenaje para obras viales
5	Terracería
6	Pavimentos
7	Edificios
8	Pistas para aeropuertos
9	Túneles
10	Oleoductos
11	Acueductos
12	Presas
13	Líneas de transmisión eléctrica
14	Instalaciones de máquinas
15	Instalaciones de comunicaciones eléctricas
16	Construcciones e instalaciones portuarias
17	Vías ferroviarias
18	Obras de irrigación
19	Alcantarillados y drenajes urbanos
20	Instalaciones para agua potable
21	Estructuras metálicas
22	Estructuras de concreto
23	Perforaciones
24	Otros no especificados en los numerales que anteceden

Fuente: Ley de Contrataciones del Estado, su Reglamento y Reformas, Decreto No. 57-92 del Congreso de la República de Guatemala.

2.2 Invitación para presentar ofertas para cotización o licitación pública

Para presentar ofertas se debe atender a una invitación, la cual se hace directamente a cierto número de empresas precalificadas cuando se trata de cotización y por medio de aviso a través del Diario Oficial y otros medios de circulación cuando se trata de licitación pública.

Ya sea la invitación o el aviso deben tener como mínimo una breve descripción de la obra que se cotiza o licita, lugar donde se ejecutarán los trabajos, donde se entregarán las bases, planos de construcción Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y demás documentos; condiciones para la obtención de los mismos; lugar, día y hora para la recepción de las ofertas y demás requisitos que sean esenciales.

2.3 Bases de cotización o licitación

De acuerdo a las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes, consiste en el documento que establece las principales condiciones de la negociación y deben contener como mínimo la información y requisitos siguientes:

- a) Descripción general de la obra.
- b) Cantidades estimadas de trabajo de cada renglón.
- c) Especificaciones que regirán.
- d) Tiempo de ejecución.
- e) Condiciones que deben llenar los oferentes.
- f) Documentos que deben contener las plicas y forma de presentarlas.
- g) Exoneración de impuestos, si fuere procedente.
- h) Garantía de sostenimiento de oferta, con indicación de su porcentaje, vigencia y causas por las que se hará efectiva.

- i) Garantía de cumplimiento que deberá presentar el adjudicatario, con indicación de su porcentaje, aspectos que cubrirá, vigencia y causas por las que se hará efectiva.
- j) Tiempo de responsabilidad del contratista.
- k) Garantía de conservación de obra, con indicación de su porcentaje, aspectos que cubrirá, vigencia y causas por las que se hará efectiva.
- l) Seguros que debe constituir el adjudicatario, con indicación de sus montos, riesgos que cubrirán y vigencia.
- m) Garantía de saldos deudores, con indicación de su porcentaje, aspectos que cubrirá, vigencia y causas por las que se hará efectiva.
- n) Forma de pago.
- o) Porcentaje del anticipo y procedimiento para otorgarlo, cuando éste se conceda.
- p) Garantía de anticipo, cuando proceda, con la indicación de su porcentaje, forma de otorgarse, vigencia y causas por las que se hará efectiva.
- q) Prohibiciones, sanciones pecuniarias.
- r) Límites de fluctuación del monto total de las ofertas, con respecto al costo oficial estimado de la obra.
- s) Otras condiciones o requisitos que se consideren indispensables de conformidad con la ley de la materia, lugar, dirección exacta, fecha y hora en que se efectuará la diligencia de presentación, recepción y apertura de plicas. La convocatoria o invitación, forman parte de las bases de licitación.

Así mismo se describirán los criterios que deberá seguir la junta de licitación para calificar las ofertas recibidas adjuntándose un modelo de oferta y proyecto de contrato.

Dentro de las bases de cotización o licitación, las municipalidades y los fondos sociales incluyen planos, croquis de acceso al proyecto, forma y fuente de financiamiento, aportes de mano de obra no calificada por parte de las comunidades, etc., que varían de manera específica para cada proyecto.

3. RECONOCIMIENTO DE CAMPO, ELABORACIÓN, PRESENTACIÓN Y ADJUDICACIÓN DE OFERTAS

3.1 Reconocimiento de campo

Surge a raíz de una invitación a cotizar o un aviso de licitación pública promovida por la Dirección General de Caminos, municipalidad, fondos sociales o persona individual o jurídica, para ejecutar un proyecto. La documentación debe obtenerla el interesado en el lugar y fecha que señale la invitación.

Las bases de cotización o licitación, según sea el caso, deben ser objeto de un análisis minucioso de su contenido para que en el reconocimiento de campo se pueda constatar la veracidad o exactitud de todos los elementos contenidos en las mismas.

Si se hace un buen análisis tanto de las bases de cotización o licitación y de los elementos observados en el reconocimiento de campo, se podrá tener un mejor criterio para la elaboración de la oferta y de esa forma evitar en lo posible posteriores ordenes de cambio, ordenes de trabajo suplementario o acuerdos de trabajo extra, entre otros, que incidan en los costos del proyecto así como en el tiempo contractual. Es recomendable que para el reconocimiento de campo, se cuente con una hoja de visita de campo, diseñada para recabar toda la información necesaria referente a:

- (a) Las condiciones de accesibilidad al proyecto, las cuales pueden ser referidas a la cabecera departamental más cercana, anotando nombres de tramos, distancias, tipos de pavimento y si la accesibilidad para cada tramo es durante todo el año o solo en época seca.

- (a) El análisis del tramo, que incluye la verificación de la información de las bases de cotización como planos, obra física a realizar, identificación preliminar de suelos, topografía del terreno, localización de bancos de materiales aprobados y verificación de la propiedad de los mismos, existencia de mano de obra local, existencia de materiales locales, puntos de abastecimiento de agua, combustibles, lubricantes, etc.

- (c) Localización estratégica de lugares adecuados para campamentos apropiados para el alojamiento y alimentación del personal e instalaciones provisionales como oficina del proyecto, bodega, predio de maquinaria pesada, camiones y otros vehículos, taller, área de primeros auxilios, etc. Además se debe contar hasta donde sea posible con los servicios mínimos como electricidad, agua potable y sanitarios.

- (d) Si se trata de un proyecto donde la mano de obra no calificada sea aporte de la comunidad como sucede en los proyectos ejecutados por el gobierno a través de los fondos sociales, se debe constatar la organización comunitaria así como la disposición de cumplir con ese aporte.

3.2 Elaboración de la oferta

El interesado luego de examinar los planos, especificaciones y demás documentos y de realizar la visita de campo, debe preparar su oferta cuidadosamente y cumplir con todos los lineamientos que se solicitan en las bases de cotización o licitación. Generalmente se anexa a las bases de

cotización o licitación un modelo de como presentar la oferta con el propósito de estandarizar en lo posible las mismas.

Debe tomarse en cuenta que las cantidades estimadas de trabajo que se indican en las bases son solamente aproximadas y servirán como base para la calificación de las ofertas. Los pagos se efectuarán al contratista solamente por las cantidades reales de trabajo efectuado o por los materiales proporcionados de acuerdo con los planos y Especificaciones.

También los datos y localización de bancos de materiales deben considerarse como las posibles fuentes de materiales a utilizarse en la obra.

Un aspecto muy importante es que cuando se presenta una oferta, ésta debe ir acompañada de un programa de trabajo con su respectiva representación gráfica (Cronograma de ejecución).

3.3 Presentación y apertura de las ofertas

El oferente debe presentar su oferta y documentos, de conformidad como le haya sido requerida, en plica, con indicación en su exterior del nombre y designación de la obra; el nombre y dirección del oferente y los documentos contenidos en la misma; en el lugar, día, hora y forma que se señalen en el aviso de licitación o invitación a cotización.

Las plicas se abrirán en ese momento o transcurrido un tiempo prudencial indicado en las bases de licitación o cotización que puede ser de treinta minutos y no se aceptará ninguna oferta después de que se haya abierto la primera plica.

3.4 Adjudicación

La calificación y adjudicación parcial o total, provisional o definitiva la lleva a cabo una Junta de cotización o licitación según sea el caso, después de abrir y examinar las ofertas recibidas para lo cual se procede de la siguiente manera:

El día fijado para la cotización o licitación, después de la recepción de las ofertas y antes de abrir la primera plica, la Junta de cotización o licitación da a conocer a los oferentes el costo estimado por la entidad o el interesado que promueve la ejecución del proyecto. Seguidamente abre las plicas y examina el contenido de las mismas para verificar si se llenaron los requisitos. Luego hace el cálculo definitivo del costo total oficial estimado que es la base para fijar una franja de fluctuación alrededor del mismo, realizando los siguientes pasos:

- 1) Se toma el 40% del costo estimado por la entidad o el interesado que promueve la ejecución del proyecto.
- 2) Se le suma el 60% del promedio del costo de las ofertas presentadas que cumplan con los requisitos fundamentales de las bases de cotización o licitación y que estén comprendidas dentro de la franja del 25% arriba y 25% abajo del costo estimado por la entidad o el interesado que promueve la ejecución del proyecto, dando como resultado definitivo el costo total oficial estimado.
- 3) Se fija la franja de fluctuación siendo los límites máximos el 10% hacia arriba y el 15% hacia abajo respecto al costo total oficial estimado.

Las ofertas comprendidas dentro de la franja de fluctuación son aceptadas por la Junta de cotización o licitación para su calificación. Las ofertas que estén fuera de la franja establecida son descalificadas.

La Junta de cotización o licitación tiene la potestad para rechazar cualquiera o todas las ofertas presentadas en los casos siguientes:

- a) Las que no se ajusten a las bases y demás documentos de cotización o licitación.
- b) Si un oferente presenta más de una oferta para la obra de que se trate, se rechazarán las que este haya presentado.
- c) Las ofertas cuyos montos totales no se encuentren comprendidos entre los límites de fluctuación (Franja con respecto al costo total oficial definitivo).
- d) Cuando se compruebe existencia de colusión entre oferentes, se rechazarán las ofertas involucradas en la misma.
- e) Si se descubre falsedad de la Declaración, con respecto a las circunstancias que constituyen impedimento, de conformidad con la ley, se rechazarán las ofertas que incurran en este caso.
- f) Si una oferta en especial, no contiene un precio unitario para cada partida de pago listada, excepto en los casos de partidas autorizadas para sus pagos alternativos o globales.
- g) Si una oferta es condicionada a otra adjudicación y/o condiciones alternas: irregularidades de cualquier índole que tiendan a hacer las propuestas incompletas, indefinidas o ambiguas en su significado.

- h) Si la oferta añadiese algunas condiciones reservándose el derecho de aceptar o rehusar una adjudicación, o de concertar un contrato para cumplir una adjudicación (Los condicionamientos por parte de un oferente violan el principio de igualdad).

- i) Si los oferentes no aceptan el límite o la cantidad máxima bruta de adjudicaciones aceptables para determinado oferente, cuando en un mismo proyecto haya diversos tramos licitados por separado (Es sinónimo de no aceptar las bases de licitación, las cuales establecen las principales condiciones de negociación, en lo referente a los criterios que deberá seguir la Junta de cotización o licitación para realizar la adjudicación).

Luego, la Junta procede a la calificación y adjudicación, la cual se hace al oferente que ajustándose a los requisitos y condiciones de las bases de cotización o licitación haya hecho la oferta más conveniente a la entidad o al interesado que promueve la ejecución del proyecto, utilizando criterios como precio, tiempo de ejecución y experiencia en obras similares, entre otros. Aprobada la adjudicación se procede a la formalización del contrato formando parte del mismo los documentos de cotización o licitación, la oferta del contratista, garantías y seguros, documentos correspondientes a la adjudicación, programa de trabajo, ordenes de cambio, ordenes de trabajo suplementario, acuerdos de cambio, acuerdos de renegociación de precios, acuerdos de trabajo extra, extensiones de tiempo y cualquier otro documento que se emita durante la ejecución del proyecto y aceptado por las partes involucradas.

4. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

Luego de la formalización del contrato, el oferente a quien le fue adjudicado el proyecto, se convierte en El Contratista. Corresponde al mismo, dar el paso siguiente que es la organización del proyecto.

La organización implica establecer una estructura intencional de papeles que las personas desempeñarán en la ejecución del proyecto. Es intencional en el sentido de que asegura que todas las tareas necesarias para lograr las metas estén asignadas y, en teoría, asignadas a personas que las puedan realizar mejor.

La organización del proyecto requiere la participación y cooperación de varias personas, cada una ejecutando tareas de trabajo bien definidas. Debe ser enfocada para planificar, dirigir, ejecutar y controlar los trabajos que constituyen el proyecto. Deben establecerse canales de comunicación entre las partes que intervienen en la ejecución del proyecto tales como reuniones formales e intercambio continuo de información.

Para que un proyecto de carretera resulte satisfactorio, debe estar organizado de tal manera, que todos los recursos humanos y materiales, encajen perfectamente en una unidad, es decir, que trabajen como un todo. Es muy importante establecer una cadena de mando con la graduación de deberes conforme al grado de autoridad y la consiguiente responsabilidad.

El modelo de organización depende de la magnitud y complejidad del proyecto y del tiempo en que ha de ejecutarse, es decir si, en tiempo normal o acelerado. Si se trata de éste último, se puede requerir de funciones o unidades

especiales para coordinar los esfuerzos y obtener los resultados deseados. Si el proyecto es pequeño, una persona puede realizar varias funciones.

El siguiente, es un ejemplo de como podría integrarse un equipo de trabajo para la ejecución de un proyecto de rehabilitación de carretera de terracería:

4.1 Superintendente

Es el Ingeniero Civil colegiado activo, jefe ejecutivo del contratista quien dirige la obra, poseyendo plena autorización para actuar como su representante autorizado en relación con el trabajo. Es la máxima autoridad en el proyecto por parte del contratista, responsable directo de la organización administrativa y ejecución fiel de la obra física que se contempla en el contrato. Es el responsable de efectuar juntamente con el delegado residente de la supervisora, las estimaciones de trabajo mensuales o conforme estas sean estipuladas.

La supervisora es la empresa individual o jurídica encargada de la supervisión técnica y control administrativo de los trabajos del proyecto para que se ejecuten conforme a planos y especificaciones técnicas en el tiempo estipulado en el contrato.

4.2 Ingenieros auxiliares

Que surgen a raíz de que el Superintendente se ve en la imposibilidad física de vigilar efectivamente todos los trabajos mediante el contacto personal con quienes los ejecutan y también por la especialización en las diferentes áreas de trabajo. El número de Ingenieros Auxiliares depende de la magnitud y complejidad del proyecto y su función es la de ayudar al superintendente,

encargándose de atribuciones directas del mismo. También deben hacer la subdivisión del trabajo ya que solamente a ellos les es imposible vigilar efectivamente todo el personal en contacto directo, surgiendo así diversos grupos de trabajo donde se necesita de personal calificado.

Cada uno de estos grupos de trabajo debe tener un jefe, con atribuciones específicas y debe velar porque las mismas se cumplan conforme a las instrucciones de los Ingenieros Auxiliares u órdenes directas del Superintendente.

4.3 Jefe de Ingeniería

Tendrá bajo su supervisión la Oficina de Control y Producción, la cual debe recopilar y archivar todos los datos, principalmente los que permitan en cualquier momento elaborar las estimaciones de trabajo en todos los renglones a ejecutar.

Establecerá la forma de obtención de datos, como deben presentarse a la misma y velar porque efectivamente se presenten.

Organizará las cuadrillas de topografía, las cuales deberán prestar sus servicios en los diferentes grupos de trabajo, previa solicitud de los jefes de grupo, lo cual implica que lleve el control de la mano de obra utilizada. Planificará los trabajos de topografía que deban realizarse conjuntamente con las cuadrillas afines de la Supervisora.

El Jefe de Ingeniería debe mantenerse en constante comunicación con los jefes de grupo, jefes de tramo y mantener informados a los Ingenieros Auxiliares o directamente al Superintendente de cualquier problema que surja o de cualquier trabajo extra, suplementario o cambio que sea necesario.

4.4 Jefe de tramo

La utilización de esta figura dentro de la organización del proyecto, depende de la magnitud del mismo. Dirigirá la ejecución de los diferentes renglones de trabajo a ejecutar en un tramo específico de acuerdo a las ordenes de los Auxiliares de Ingeniería o directamente del Superintendente, a quienes deberá mantener informados al respecto. Deberá recibir las indicaciones u ordenes de la Supervisora, mismas que debe exigir que sean claras y por escrito.

Deberá recopilar diariamente los reportes de todos los grupos de trabajo, como mano de obra, equipo, laboratorios, etc. Debe supervisar y llevar control sobre el suministro de combustibles y lubricantes y reportar cualquier anomalía observada.

Proporcionará al Jefe de Ingeniería cualquier información o resolver cualquier duda a efecto de que puedan elaborarse las estimaciones de trabajo para el cobro respectivo. Deberá llevar una bitácora de lo que a diario suceda en los trabajos del tramo a su cargo.

4.5 Jefe de grupo

Como su nombre lo indica, será la persona encargada de uno de los grupos de trabajo que sean necesarios en el proyecto. Dentro de ellos podemos contar con los jefes de terracería, empedrados, drenajes, etc.

Llevará el control de personal, equipo, problemas que surjan y verificará y supervisará los trabajos y laboratorios con el objeto de obtener calidad en la ejecución, llevando los registros que sean necesarios e informando al jefe inmediato superior todo lo que acontezca en cualquier situación.

Debe conocer muy bien las especificaciones técnicas y disposiciones especiales que se deben cumplir en los renglones que se ejecuten bajo su responsabilidad. Debe llevar su respectiva libreta de campo para anotar todo lo importante ocurrido durante el día así como también el control de lluvias, ya que mediante este, de ser necesario, podría solicitarse ampliación de plazo en el tiempo de ejecución de la obra.

4.6 Jefe de laboratorio

Debe ser una persona que tenga pleno conocimiento de las especificaciones técnicas que existen para el control de laboratorio en proyectos de carreteras así como de las disposiciones especiales que rigen para un determinado proyecto.

Además deberá tener capacidad para sugerir o recomendar a los Ingenieros Auxiliares o al Superintendente, cualquier acción que deba seguirse para obtener materiales o mejorar los mismos.

Deberá llevar control y registro de todas las pruebas efectuadas tanto en el campo como en el laboratorio central a su cargo. Debe intercambiar información y trabajar de acuerdo con la Supervisora. Elaborará el reporte de mano de obra del personal a su servicio y velará porque el equipo de laboratorio, del cual es responsable, se maneje con cuidado. Deberá llevar su respectivo diario de trabajo.

4.7 Jefe de convoy

Debe ser una persona que tenga pleno conocimiento del equipo de corte, empuje, carga, acarreo, transporte, conformación, afinamiento, compactación,

riego y cualquier otro equipo auxiliar que sea necesario, tanto del uso más adecuado que se le puede dar, como del mantenimiento respectivo.

Deberá organizar y distribuir, previa planificación efectuada juntamente con el Superintendente o los Ingenieros auxiliares, el trabajo de cada uno de los elementos que conformen el convoy de acuerdo con los renglones de trabajo que se tengan que ejecutar. Deberá seleccionar los pilotos y operadores así como exigir y verificar un estricto mantenimiento de las unidades, de acuerdo con el Jefe de Mecánica y Mantenimiento.

También juntamente con este último, deberá disponer de un equipo de mecánicos, llaneros y el personal especializado que sea necesario, para atender los desperfectos mecánicos y de mantenimiento menor que ocurran en el campo, ya que los mayores deberán ser trasladados a un taller central.

También tendrá que organizar personal que se encargue de verificar la calidad y cantidad acarreada de los materiales provenientes de los bancos y controlar para que tramos serán utilizados. Todos los datos recabados serán pasados a la Oficina de Control y Producción.

4.8 Jefe de mecánica y mantenimiento

Es el responsable del buen funcionamiento del equipo y deberá velar por su buen uso y que se le dé el debido mantenimiento.

Deberá ser capaz de tener visión para darle al equipo un mantenimiento de preferencia preventivo antes que correctivo. Deberá velar porque el trabajo a realizar por cada una de las máquinas sea de acuerdo a la capacidad de las mismas y utilizarse para lo que realmente son.

Deberá contar con mecánicos de taller central y mecánicos de campo, ambos con sus respectivos jefes, quienes trabajarán bajo sus ordenes, y los cuales llevarán un diario para cuando le sea requerida información. Cuando el jefe de mecánicos de campo considere que se trate de una reparación mayor, se trasladará al taller central, donde el jefe de este último programará su reparación.

Organizará un grupo con personal mecánico de mantenimiento, al cual se le dotará de un vehículo adecuado, quien tendrá bajo su responsabilidad dar el servicio diario de mantenimiento, chequeando niveles de aceite y agua y lubricando todas las partes necesarias; también prestará los servicios de mantenimiento periódico de acuerdo a la secuencia establecida; deberá reportar al jefe de mecánica y mantenimiento, todas las observaciones que se hagan en el equipo, tales como fugas, desgastes, partes flojas o faltantes, consumos excesivos, etc.

El jefe de este grupo, deberá ser necesariamente un mecánico.

Todos los lubricantes utilizados serán retirados de la bodega, mediante los respectivos requerimientos, donde deberán anotarse las cantidades, renglones donde se encuentran trabajando las máquinas, identificar las mismas y posteriormente, los operadores o los pilotos, firmarán dando fe de que el servicio fue efectuado.

La organización descrita anteriormente, corresponde a la necesaria para la ejecución de trabajos de campo.

También debe contarse con instalaciones adecuadas así como personal administrativo de oficina, siendo el mínimo el siguiente:

4.9 Secretario (a)

Será la persona encargada de toda relación administrativa de la oficina. Dentro de sus atribuciones están la de recibir toda correspondencia relacionada con el proyecto, poniéndole el sello de recibido, para luego registrarla en el libro respectivo y darle el seguimiento necesario y/o archivarla; redactar oficios, notas y memorándum llevando la numeración correlativa de los mismos; elaborar cuadros, resúmenes, informes y envíos; llevar un archivo personal de cualquier trabajo efectuado así como un diario para anotar todas las actividades principales relativas a las distintas situaciones de la administración o ejecución del proyecto.

4.10 Planillero

Será el encargado de llevar las planillas de salarios, nominas de sueldos y demás registros que su trabajo implica.

Entre sus atribuciones están la de elaborar planillas de salarios de acuerdo a la forma de pago de la empresa ejecutora (diarias, quincenales, mensuales, etc.), elaborar nómina de salarios y honorarios mensuales de personal de administración, elaborar planillas de viáticos de personal, archivar solicitudes de empleo del personal, elaborar contratos de trabajo de acuerdo a los datos obtenidos en el formulario de solicitud de empleo, llevar tarjetas de salarios acumulados para cálculo de prestaciones laborales de cada trabajador, elaborar la planilla del IGSS tratando de mantener al día estos pagos, elaborar certificados de accidente llevando el control de bajas y altas que el IGSS da a los trabajadores, recibir los reportes de los diferentes jefes de grupo diariamente y pasarlos al chequeo respectivo de parte del Superintendente, para su posterior utilización en la elaboración de la planilla.

4.11 Bodeguero

Necesariamente deberá ser, como mínimo, perito contador. Será la persona encargada de llevar el control del movimiento de materiales, repuestos, combustibles y lubricantes que requiera el proyecto, de acuerdo a un manual de operaciones que la empresa debe tener instituido, despachando cada uno de estos según respectivos requerimientos de bodega, pasando diariamente estos datos a un formulario para el chequeo correspondiente de los superiores y elaboración del Cuadro General de Consumo Mensual que requiere La Supervisora.

4.12 Operador de medios de comunicación

Será la persona encargada de operar los medios de comunicación instalados en el proyecto para las comunicaciones dentro de él y servir de enlace para las comunicaciones con las oficinas centrales de la empresa ejecutora.

Deberá recibir y transmitir todos los mensajes que entran y salen referentes al proyecto y anotará en un cuaderno la fecha, hora y datos más importantes de los mismos. Transmitirá todos los pedidos de materiales, repuestos, combustibles y lubricantes que le lleven del taller o de la bodega haciendo el registro respectivo en un cuaderno, anotando la numeración del pedido hecho.

4.13

Encargado de compras

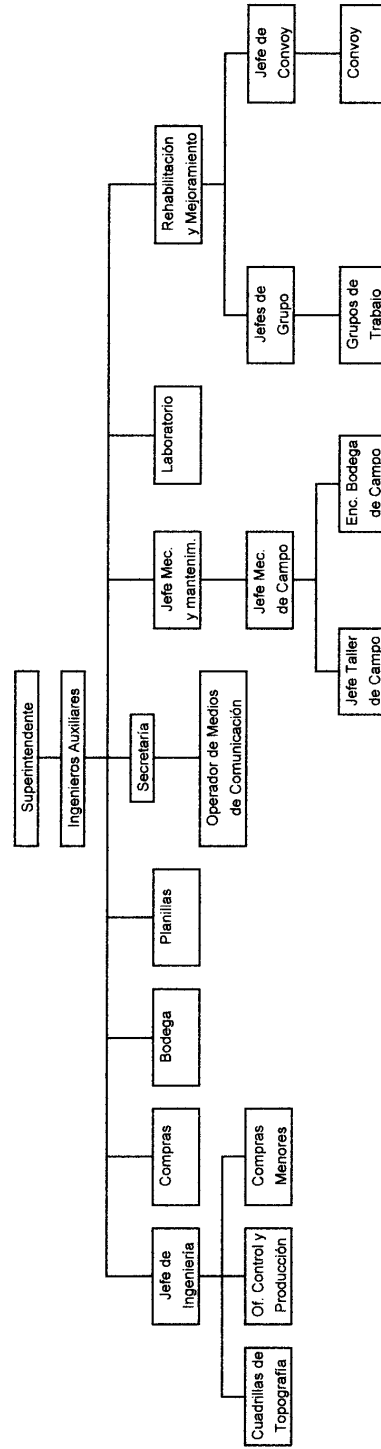
Será la persona encargada de las compras menores que se necesiten en el proyecto, tanto de materiales, repuestos, combustibles y lubricantes, ya que

de las compras a mayor escala debe encargarse el Departamento de Compras con que debe contar la empresa en la oficina central, con el objeto de lograr reducir costos comprando por mayor a menor precio, obtener créditos en casas comerciales, etc.

Para concluir, respecto a la organización del proyecto, es necesario hacer notar, que el éxito en la ejecución de un proyecto, radica en que todas las personas involucradas en el mismo, no solo sean capaces de desempeñar lo que les compete, sino que también deben tener sentido común, capacidad y habilidad para comunicarse con los demás y un verdadero deseo de solucionar los problemas que se presenten en el diario que hacer.

En la gráfica 1 se muestra un organigrama sugerido para un proyecto de rehabilitación y mejoramiento de carretera de terracería.

Gráfica 1. Organigrama sugerido para proyecto de rehabilitación y mejoramiento de carretera de terracería



NOTA: El modelo de organización depende de la magnitud y complejidad del proyecto así como del tiempo en que ha de ejecutarse. Si el proyecto es pequeño, una persona puede realizar varias funciones.

5. SELECCIÓN DE EQUIPO Y PERSONAL

5.1 Selección del equipo

La selección del equipo de construcción adecuado aumenta la eficiencia y reduce costos. Con cada máquina se deben realizar trabajos para los cuales fue concebida y diseñada, tomando en cuenta sus capacidades, para no sobrepasar las mismas y conservarlas en el mejor estado de funcionamiento que sea posible.

La selección del equipo depende de los trabajos que hayan que ejecutarse así como los materiales con los cuales haya que trabajar. Respecto a estos últimos interesa saber sus propiedades físicas para poder cortarlos, cargarlos, transportarlos, compactarlos, etc., como por ejemplo su estructura, peso volumétrico y granulometría y algunas relaciones volumétricas como expansión y compresibilidad.

Generalmente en carreteras de terracería es necesario seleccionar equipo de corte, carga, acarreo, empuje, transporte, conformación, afinamiento y compactación.

Dentro del equipo para realizar las tareas antes mencionadas tenemos:

Para corte, los tractores de cadenas (de oruga, carriles o “bull-dozer”), provistos de una cuchilla cortadora accionada hidráulicamente, y las excavadoras y retroexcavadoras cargadoras, disponibles en modelos de cadenas y de ruedas de hule, utilizadas en zanjeos, vaciados y afinamiento de taludes.

Para carga, los cargadores frontales, tanto de cadenas como de ruedas de hule, siendo estos últimos más versátiles. También se utilizan palas frontales (mecánicas), capaces de cortar y cargar, a excepción de cuando hay roca, donde se hace necesario la utilización de explosivos para aflojamiento del material, y las retroexcavadoras cargadoras.

Para acarreo, se utilizan los tractores de cadenas en distancias menores de 100 metros. Para acarreo de materiales a mayores distancias, se utilizan los camiones de volteo y mototraillas.

Para empuje, se utilizan los tractores de cadenas, de preferencia los provistos de cuchillas de mayor área a los utilizados en corte.

Para transporte, se utilizan los camiones de volteo, en caso de transportar materiales; camiones de estacas o pick-ups para el transporte de personal y materiales de construcción. Para el transporte de maquinaria pesada se utilizan low-boys y para transportar agua, se utilizan camiones dotados de cisterna y bomba de agua para abastecerse.

Para conformación y afinamiento, se utilizan tractores de cadenas para esparcimiento de materiales depositados por los camiones de volteo en los tramos de carretera a rehabilitar. Para escarificar, mezclar y conformar, se utiliza la motoniveladora.

Para la selección del equipo de compactación, deben considerarse varios factores, principalmente el tipo de suelo, las condiciones físicas en el sitio de trabajo, la compactación y las especificaciones que deben cumplirse. Compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad para soportar cargas.

Las diferentes casas fabricantes de maquinaria y equipo para carreteras, distribuyen cuadros para ayudar a seleccionar el equipo de compactación adecuado, basándose generalmente en la Clasificación Unificada de Suelos de Arthur Casagrande. De ahí que hay equipo de compactación recomendado para suelos pétreos, grava, arena, arena con grava y limo, limo-arenoso, arena arcillosa y arcilla con baja o alta resistencia al rozamiento y otros.

Se emplean tres métodos principales para compactar el suelo: fuerza estática, fuerza de impacto y vibración.

Por fuerza estática, la compactación se logra utilizando una máquina pesada cuyo peso comprime las partículas del suelo sin necesidad de movimiento vibratorio. Por ejemplo un rodillo estático.

Por fuerza de impacto, la compactación es producida por una zapata apisonadora que golpea y se separa del suelo a alta velocidad, de hecho “amasando” el suelo para aumentar su densidad. Por ejemplo un apisonador.

Por vibración, la compactación se logra aplicando al suelo vibraciones de alta frecuencia. Por ejemplo, un rodillo vibratorio o una plancha vibratoria.

Para suelos granulares, la compactación por vibración es la más eficaz y económica. La vibración aumenta la fricción entre las partículas del suelo y permite que las mismas se reacomoden hacia abajo en una configuración bien apretada, eliminando todo vacío de aire. El efecto de la vibración penetra profundamente en el suelo lo cual quiere decir que pueden compactarse capas grandes de suelo, contribuyendo esto a la economía del procedimiento de compactación.

Las planchas vibradoras son las máquinas que con frecuencia se especifican para emplearse en suelos granulares debido a que son confiables, relativamente de poco costo y muy productivas. Los rodillos vibratorios se emplean cuando es necesario que la producción sea mas alta.

Para suelos cohesivos, deben usarse máquinas de impacto. La fuerza de impacto produce un efecto de cizallamiento en el suelo, que une las partículas de forma plana y hace que el aire salga a la superficie.

A continuación una breve descripción de cierto equipo de compactación:

Apisonadores, producen una fuerza de impacto que es necesaria para la compactación de suelos cohesivos, dando de 500 a 800 golpes por minuto.

Planchas Vibradoras, que aplican vibraciones de alta frecuencia y amplitud baja sobre el suelo y se usan principalmente para compactar suelos granulares como arena y grava; mezclas de suelos granulares y cohesivos; y mezclas asfálticas, tanto calientes como frías.

Rodillos estáticos, que dependen de su propio peso para lograr compactación. Su empleo ha disminuido desde la introducción de rodillos vibratorios ya que su alto peso estático significa mayor costo de los componentes y mayor tamaño que dificulta su manipulación y transporte.

Rodillos vibratorios, los cuales tienen piezas excitadoras en uno o más tambores y producen vibración (fuerza dinámica) además de tener peso estático. Producen mejor compactación, especialmente en suelos granulares, debido a que los impulsos vibratorios neutralizan la fuerza friccional entre las partículas del suelo, permitiendo de esta manera que las capas más profundas vibren y se asienten.

Rodillos de pata de cabra, estáticos o vibratorios, tienen tambores provistos de muchos resaltos semejantes a patas de cabra que ejercen una acción como de amasar el suelo. La fuerza total se concentra en las pequeñas patas. Pueden compactar eficazmente suelos cohesivos puesto que rompen los lomos duros del suelo y lo homogenizan si se compone de materiales distintos. Los rodillos de pata de cabra se emplean a veces para secar áreas saturadas de agua debido a que los rodillos forman indentaciones múltiples en el suelo aumentando la superficie expuesta y acelerando de este modo el secamiento.

Rodillos con neumáticos, cuya combinación del peso total estático, el número de ruedas, el tamaño del neumático, la presión de inflado de éste y la velocidad de traslación, afectan en conjunto el rendimiento de la compactación. Los neumáticos están colocados de manera que los traseros, corren en los espacios que quedan entre los delanteros, teóricamente sin dejar huellas. Se emplean para compactar suelos con base granular lo mismo que superficies asfálticas.

5.2 Selección de personal

La empresa ejecutora debe tomar en cuenta el renglón de mano de obra calificada y no calificada desde el momento en que hace la integración de costos unitarios para presentar su oferta, de acuerdo a los renglones que hayan que ejecutarse.

La selección de personal debe hacerse cuidadosamente de acuerdo a la especialidad y experiencia que cada una de las plazas requiera. La calidad y rendimiento dependen en gran parte del adecuado equipo humano que se elija para el proyecto. En lo posible, deberá evitarse contratar a personas problemáticas, ya que en muchos casos, problemas de tipo laboral han llevado

al fracaso los proyectos. La última palabra en la selección de personal la tiene el Superintendente, debido a que éste dará los puestos de trabajo debido a su experiencia, tomando en cuenta el beneficio que determinada persona traerá al proyecto, evitando así, que los puestos sean dados por preferencia de parte de los encargados, al menos que tal preferencia esté bien fundamentada y justificada.

En el caso de la mano de obra calificada, la habilidad y experiencia realizando trabajos similares es muy importante. Para contratar a las personas en este rango, se les debe hacer una entrevista donde además de sus pretensiones salariales, deberán dar a conocer cuales han sido sus últimos empleos y cuales fueron los motivos de su retiro y requerir de preferencia cartas de recomendación de personas de honorabilidad reconocida o empresas. Como parte de la organización de la empresa, deberán llevarse ciertos controles del personal que labora en el proyecto, tales como: solicitudes de trabajo de los mismos, contratos de trabajo, reportes de trabajo del encargado de grupo, planillas de salarios de acuerdo a los reportes aprobados, liquidaciones de acuerdo a la ley, asistencia y puntualidad del personal de gabinete, y cualquier otro control que sea necesario. Debe tenerse en mente, que el contratista debe cumplir con las leyes laborales que rigen en el país.

6. EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO

Para la realización de los trabajos debemos tomar como guía el cronograma de ejecución. Generalmente los renglones a ejecutar en un proyecto de rehabilitación y mejoramiento de carretera de terracería son los siguientes:

1. Movilización
2. Replanteo y levantamiento topográfico para construcción
3. Señalización, control de tránsito y mantenimiento de la carretera
4. Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos
5. Limpia, chapeo y destronque
6. Movimiento de tierras:
 - Corte para ampliación y mejoramiento
 - Relleno
 - Reacondicionamiento de sub-rasante
7. Zampeado
8. Gaviones
9. Muros de retención de concreto reforzado
10. Drenaje transversal:
 - Alcantarillas
 - Drenaje menor
 - Drenaje mayor
11. Drenaje longitudinal:
 - Cunetas
 - Contra-cunetas
12. Sub-drenaje

13. Mampostería
14. Capa de rodadura
15. Construcciones complementarias
16. Limpieza final del derecho de vía
17. Aspectos ambientales
18. Desmovilización

La ejecución de cada uno de los renglones de trabajo está sujeta al presupuesto, planos, detalles, y especificaciones técnicas de construcción, tanto generales como disposiciones especiales.

6.1 Movilización

La movilización consiste en los trabajos y operaciones preparatorias que incluirán todo lo necesario para el traslado del equipo al lugar de la obra y todos los trabajos y operaciones que se deban realizar antes de comenzar las actividades en los diferentes renglones establecidos en el contrato. Se procede ahora a la instalación de campamentos y construcción de cualquier otra obra temporal necesaria en los lugares estratégicos identificados durante la visita de campo. Seguidamente se realiza el traslado de personal, materiales y equipo necesarios para dar inicio físicamente al proyecto.

6.2 Replanteo y levantamiento topográfico para construcción

En el caso de la rehabilitación y mejoramiento de carreteras, la ruta ya se conoce. A veces, hay necesidad de hacer cambios bruscos en el alineamiento horizontal y vertical. Regularmente en el alineamiento horizontal para mejorar o cambiar totalmente las curvas existentes, que muchas veces no han sido diseñadas; y en el alineamiento vertical para mejorar pendientes.

Los levantamientos y replanteos topográficos se realizan tanto para los tramos existentes como para los tramos nuevos o ampliaciones que pueda contemplar el proyecto.

El Contratista usando la información dada en los planos, así como los bancos de marca (BM), monumentos de referencia y demás datos de ingeniería que le proporcione el Delegado Residente, colocará todas las estacas y puntos topográficos necesarios para la rehabilitación y mejoramiento.

Para los efectos de medida y pago finales, la Supervisora juntamente con el personal que el Contratista designe, levantará las secciones transversales originales, y gradualmente conforme se vayan terminando los tramos de la obra, levantará las secciones finales correspondientes, incluyendo las de los cambios efectuados, dibujará las mismas y efectuará los cálculos que corresponda. Ambas partes deben aprobar con firma responsable, cada hoja de libreta de campo y las secciones donde esté el cálculo analítico de cada área, para que éstos tengan carácter oficial en la liquidación final.

Se traza el alineamiento horizontal y vertical a lo largo de todo el tramo, respetando la sección típica propuesta, las pendientes transversales o de bombeo y longitudinales, así como las relaciones horizontal/vertical de taludes en corte o relleno.

Dicho trabajo se efectúa en el alineamiento horizontal con teodolito y cinta y en el alineamiento vertical con nivel de trípode y estadia.

Debido a que durante la ejecución de los trabajos de movimiento de tierras el levantamiento topográfico original es destruido, es recomendable que antes que inicien los mismos, se marquen los puntos de intersección, los principios de curva y los principios de tangente, referenciados, fuera de los

límites de rehabilitación, de tal manera que puedan ser restaurados en cualquier momento en que sean necesarios.

Los estacados mínimos que se realizan son:

1. Estacas de límites de limpia y chapeo, que indican hasta donde el Contratista debe efectuar el trabajo mencionado, tomando como referencia el eje central de la carretera.
2. Estacas para el restablecimiento de la línea central a cada veinte metros como mínimo.
3. Estacas de talud y estacas auxiliares para movimiento de tierras, que indican donde inicia un relleno o un corte, cuyas estacas son colocadas en estaciones a cada 20 metros o menos si es necesario. Al mismo tiempo que se colocan las estacas de talud, deben levantarse las secciones transversales, perpendicularmente a la línea central, de tal manera que posteriormente pueda computarse exactamente el movimiento de tierras. Se colocan estacas auxiliares del pie de talud afuera de los límites establecidos para la limpia.
4. Estacas finales para la rasante, que indican el nivel que deberá tener la sub-rasante reacondicionada, tanto en el eje central como en los extremos de la sección transversal. De acuerdo a la costumbre, se utilizan los llamados "red top" o "blue top" que son "trompos" coloreados en su parte superior, de rojo o azul respectivamente. Cuando un trompo ya está coloreado, significa que hasta allí llega el nivel de la capa que se está trabajando, y sirve de guía tanto al operador de la motoniveladora como al encargado del tramo para ubicarse en el trabajo.

También es necesario hacer replanteo o levantamiento topográfico en los trabajos de estructuras de drenaje, puentes, muros de retención, bancos de préstamo, monumentos y marcadores permanentes.

Se elaboran los formatos necesarios para recabar la información que a través del Jefe de Ingeniería debe hacerse llegar a la Oficina de Control y Producción, para elaborar las estimaciones de trabajo así como también los reportes de mano de obra de todo el personal que interviene en la cuadrilla de topografía con fines de pago.

6.3 Señalización, control de tránsito y mantenimiento de la carretera

La señalización consiste en la colocación de dispositivos temporales para el control y mantenimiento de la seguridad del tránsito dentro del proyecto y carreteras adyacentes de manera que se garantice la conveniencia y seguridad del público y los residentes y propiedad privada adyacente al proyecto.

Como la obra consiste en efectuar mejoras a una carretera existente la misma se conserva abierta al tránsito. Cuando el paso del tránsito perjudique las operaciones del contratista, se cierra durante ciertas horas y tramos autorizados por escrito, debiendo dar aviso a los usuarios de dicho cierre por lo menos con tres días de anticipación. El contratista debe contar con un plan de seguridad, control de tránsito y mantenimiento de la obra que se aplicará durante todo el período contractual incluyendo los períodos de descanso y de paros en el proyecto.

Se hace uso de los recursos más apropiados según sea el caso por ejemplo barricadas, avisos de precaución, desvíos, banderas rojas, luces de prevención, señalización nocturna, abanderados, etc., para mantener la protección del trabajo y seguridad y conveniencia del público.

El mantenimiento de la carretera que incluyen trabajos de bacheo, conformado, limpieza del derecho de vía, tuberías y obras de arte y cualquier tarea necesaria para mantener en buenas condiciones la vía de tránsito se hace durante la ejecución del trabajo y se deja la vía en buenas condiciones antes de cualquier período de suspensión o descanso.

6.4 Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos

Las estructuras existentes en un proyecto de rehabilitación y mejoramiento pueden ser puentes, alcantarillas y otras. Los servicios existentes pueden ser públicos y privados tales como de energía eléctrica, tuberías de agua potable y drenajes domiciliarios. Los obstáculos pueden ser árboles, arbustos, cultivos, plantas, postes, cercas, señales, indicadores, monumentos y otros.

El retiro parcial o total de cada uno de ellos se hace de conformidad con lo que se muestre en los planos y/o describan las disposiciones especiales debiendo previamente tomar las precauciones necesarias para evitar daños a las propiedades adyacentes y proteger la vida de las personas.

6.5 Limpia, chapeo y destronque

Consiste en despejar la vegetación existente en el área de rehabilitación y mejoramiento del camino y bancos de materiales, por medio de:

- a- Tala de árboles.
- b- Corte de arbustos, malezas, hierbas, zacates o residuos de siembras.
- c- Sacar troncos con todo y raíces o cortando éstos.
- d- Retirar, estibar y quemar si es necesario, el producto de la limpia, chapeo y destronque, tomando extremas precauciones para evitar que

se propague el fuego. El producto que sea aprovechable, deberá colocarse en lugares apropiados.

Este trabajo se realiza previamente a la iniciación de los movimientos de tierra y dentro de los límites que marca el estacado respectivo. Como se trata de una rehabilitación, donde la carretera ya existe, el trabajo de destronque será necesario únicamente donde haya ampliación de la misma, modificación en el alineamiento horizontal y si es necesario, en los bancos de materiales a utilizar.

Las herramientas a emplearse son hachas, motosierras, serruchos, machetes, palas, piochas y azadones. Para la extracción de troncos muy grandes será necesario emplear la fuerza de tiro de un tractor; en un caso extremo, dinamita.

Antes de entregar el proyecto, se vuelve a efectuar la limpieza y chapeo con el objeto de eliminar la vegetación que haya crecido durante la rehabilitación.

6.6 Movimiento de tierras

Es una de las actividades más importantes dentro de la ejecución de un proyecto de carretera, bien sea construcción o rehabilitación, debido a la incidencia en el costo de la misma.

El equipo utilizado para cada una de las actividades correspondientes a este renglón, se describe en la parte dedicada a la selección de equipo contenida en este trabajo de tesis.

a) Corte para ampliación y mejoramiento

Se hace de acuerdo a los alineamientos y secciones transversales señaladas en los planos. Ampliación, en los lugares donde el ancho de la carretera no sea el mínimo de acuerdo a las secciones típicas. Mejoramiento, en el caso de que haya necesidad de hacer cambios al alineamiento horizontal y/o vertical, o simplemente mejorarlos.

El corte es una excavación que se lleva a cabo además, en abatimiento de taludes, remoción de derrumbes, construcción de escalones y vaciados.

Corte “en ventana”, se le denomina al que se realiza de tal manera que el material producto del mismo, se puede remover del lecho de la carretera y colocarse en uno de los lados; corte “en trinchera”, se le denomina cuando hay que sacar el material del lecho del camino acarreándolo ya sea con el tractor que está realizando el corte, si es una distancia corta, o en camiones de volteo, si es necesario, debido a que el corte se está realizando en medio de dos taludes.

Como ya se mencionó anteriormente, se levantan las secciones transversales del terreno original, posteriormente ya realizado el trabajo, se levantan las secciones finales, para efectos de medida y pago.

Debido a que el material a lo largo de todo el proyecto es de composición diversa, para efectos de pago de excavaciones se toma como material no clasificado, para estandarizar los costos unitarios, de la siguiente manera:

Excavación no clasificada:

Comprende la excavación de material dentro de los límites de la construcción para utilizarlo en la construcción de rellenos, terraplenes, sub-

rasantes, hombros, ampliación y acabado de taludes y otros elementos correspondientes al proyecto. El costo unitario es Q/M3.

Excavación no clasificada de desperdicio:

Comprende el material que proviene del corte y que no se utiliza dentro de la construcción. Es el sobrante de la excavación no clasificada o material no apropiado para la construcción. Si se permite, puede colocarse sobre el talud exterior del corte sin causar daños a la propiedad privada, a la vida humana, sembradillos ni contaminar fuentes o corrientes de agua. El costo unitario es Q/M3.

Excavación no clasificada para préstamo:

Comprende el material excavado en bancos de préstamo aprobados para utilizarlo en construcción por ejemplo de rellenos, dentro de los límites de la construcción o fuera de ella. El costo unitario es Q/M3.

Parte de los trabajos de movimiento de tierras también lo constituyen los siguientes:

Sub-excavación:

Es la excavación de material de fango o inadecuado por lo menos a 30 centímetros por debajo de la cota de la sub-rasante o a la profundidad necesaria.

Este trabajo implica que el contratista debe sustituir o rellenar el espacio de la excavación efectuada con un material adecuado el cual debe ser debidamente conformado y compactado.

Remoción y prevención de derrumbes:

Cuando se inician los trabajos de ampliación o mejoramiento de una carretera, se está propenso a que ocurran con mas frecuencia derrumbes

debido a la inestabilidad de los taludes provocada por las discontinuidades en los cortes cuyo frente queda sin confinamiento lateral. También durante el transcurso de la ejecución suceden derrumbes por diferentes causas como por ejemplo a raíz de la presión hidrostática del agua acumulada en época lluviosa o de cualquier otro origen. En términos generales, los derrumbes suceden cuando las fuerzas cortantes son mayores a las fuerzas resistentes.

Por la remoción de los derrumbes existentes al iniciar la obra y los que ocurran durante el transcurso de la misma, así como por la ejecución de trabajos ordenados por La Supervisora para prevenirlos, el contratista recibirá pago excepto en los casos que se deban a causas imputables al mismo.

Cortes en roca:

Todo material rocoso así como las piedras grandes que se encuentren en el lecho del camino debe ser excavado y evacuado. La excavación efectuada por medio de maquinaria de corte o la utilización de explosivos debe prolongarse por lo menos hasta los límites laterales de la carretera y 30 centímetros por debajo del nivel de la sub-rasante. Esto implica que el espacio vacío producto de la excavación, debe rellenarse con material adecuado hasta el nivel de la sub-rasante, conformarse y compactarse.

Cuando las características particulares de un proyecto lo permiten y el Delegado Residente de La Supervisora lo autoriza, en lugar de efectuar la excavación, se coloca sobre la roca una capa de material adecuado que no debe tener menos de 30 centímetros de espesor.

Cuando se utilizan explosivos, el objetivo es fracturar la roca para posteriormente utilizar equipo para remover los fragmentos resultantes de la explosión. Debe tomarse en cuenta que hay que cumplir con las regulaciones del Estado de Guatemala respecto a la compra, transporte, almacenamiento y

uso de los mismos. Cuando se tienen los permisos y licencias aplicables se procede a realizar el programa para el uso de explosivos y nombrar al encargado de los mismos que debe tener licencia válida y vigente para este tipo de actividad. Antes de iniciar las explosiones de producción se deben realizar explosiones de prueba.

El explosivo mas utilizado es la dinamita y su uso es considerado de alto riesgo. El trabajo consiste en realizar perforaciones con dispositivos mecánicos o mecánicos eléctricos (ejemplo barrenadora hidráulica), seguidamente se procede a la limpieza de agujeros y luego se colocan las cargas con los respectivos dispositivos para la detonación, se revisten los agujeros y se concluye con la explosión.

Se deben tener procedimientos de trabajo y precauciones de seguridad desde el momento en que se adquiere, almacena, transporta y maneja hasta el momento en que se realiza la explosión y aún mas, inmediatamente después de dinamitar, se debe suspender todo trabajo en el área de explosión y revisar si no hay cargas sin explotar antes de que los trabajadores retornen a la labor de perforación.

En la actualidad existen productos en el mercado local que permiten obtener similares resultados que la explosión, por medio de expansión. Son agentes demolidores no explosivos que al combinarse sus componentes provocan una reacción química de alto poder.

No precisan de permisos, licencias o experiencia por lo que pueden ser utilizados por cualquier persona y en cualquier lugar, incluso en zonas de riesgo fulminante o inflamable. Operan de la misma forma que la carga de dinamita, con la diferencia que la carga reacciona en décimas de segundo mientras que

los demoledores no explosivos toman un tiempo de 6 a 72 horas para que se produzca la expansión deseada.

Se tiene la ventaja que la rotura se produce sin ruido ni temblor, sin gases ni chispas. El método de trabajo es similar al que se utiliza con la dinamita pues se perforan uno o varios agujeros en la superficie a demoler, se prepara la mezcla, se vierte dentro de los agujeros hasta llenarlos y así comienza el trabajo de expansión habiéndose logrado presiones al cuerpo donde se colocó de hasta 10,000 psi. Como referencia tenemos que una de las rocas más duras es la de granito y se necesita por lo menos de 4,500 psi para lograr la fragmentación.

Contra-cunetas:

Son excavaciones (en forma de cuneta) que se realizan en la parte superior de los taludes de corte con el fin de evitar y/o drenar corrientes superficiales de agua ya sea como parte de la estabilización de taludes o para poder ejecutar trabajos en las proximidades en época de lluvia. De preferencia deben revestirse para evitar la filtración del agua a las masas de corte. En resumen, se trata de evitar que el agua fluya sobre el talud.

Terraplenes:

Los terraplenes pueden construirse de suelo o de roca. De suelo cuando son construidos de materiales adecuados procedentes de la excavación o con material de préstamo que no son de roca. De roca cuando se construyen con materiales que contengan 25% o más, en volumen, de partículas de roca con diámetro mayor a 10 centímetros. Ambos deben ser construidos en capas sucesivas principiando en la parte mas baja hasta llegar al nivel de sub-rasante a todo lo ancho de la sección típica y en longitudes que sea posible el riego de agua y compactación. El espesor de las capas depende del equipo de compactación que se va a utilizar pero las Especificaciones Generales

establecen que en ningún caso podrá ser menor de 10 centímetros compactados ni mayor de 30 centímetros compactados.

Los terraplenes se construyen en áreas donde previamente se hayan realizado los trabajos de limpia, chapeo y destronque, retiro de estructuras, servicios existentes, retiro de material inadecuado y si está contemplado construcción de drenaje y sub-drenaje, sobre superficies niveladas y compactadas. Es importante que además de la compactación que se efectúe conforme se va avanzando en las capas, se compacten los taludes de los lados del terraplén.

El contratista es responsable del mantenimiento y estabilidad de los terraplenes construidos de acuerdo a los documentos contractuales, hasta la aceptación final de la obra.

Excavación de canales:

Es el trabajo que se realiza para poder ampliar, profundizar o rectificar canales existentes o construir canales nuevos en las entradas y/o salidas de alcantarillas, puentes y bóvedas. También se incluyen las contra-cunetas.

Excavación estructural para estructuras mayores y menores:

Consiste en excavar, rellenar y realizar los trabajos necesarios para cimentar o colocar estructuras tales como alcantarillas, sub-drenajes, gaviones, puentes, cajas y bóvedas de concreto o mampostería y cualquier otra contemplada dentro del contrato de acuerdo a los planos.

Cuando se encuentran aguas subterráneas en el fondo de la excavación, se usan tablestacas que permitan tener suficiente espacio para la construcción de formaletas, extracción de agua por bombeo y realizar el trabajo requerido. Cuando es necesario se coloca un sello de concreto.

Debe tomarse en cuenta que deben conservarse los lechos naturales de las corrientes adyacentes. Por ejemplo en la construcción de la cimentación de las pilas de un puente, luego del proceso de construcción de bordas para el desvío temporal de las aguas, excavación, tablestacado, formaleteado, operaciones de bombeo de agua, colocación de acero estructural y fundición, se rellena dicha excavación con el material adecuado hasta llegarlo al nivel original del lecho del río. Posteriormente también se procede a deshacer las bordas.

Dentro de los trabajos de movimiento de tierra es importante saber como se maneja el renglón de transporte de materiales por lo que tenemos los siguientes conceptos:

Acarreo libre:

Comprende el transporte de materiales no clasificados provenientes del corte y de préstamo así como el transporte del material de desperdicio a una distancia menor o igual a 1,000 metros.

Acarreo:

Es el transporte de materiales no clasificados provenientes del corte y de préstamo o desperdicio a cualquier distancia que exceda de 1,000 metros.

Tanto el acarreo libre como el acarreo se refiere al transporte de materiales para ser utilizados en la construcción de terraplenes así como el transporte del material de desperdicio.

b) Relleno Estructural Para Estructuras

El relleno hasta la altura del nivel original del terreno o hasta la superficie de la sub-rasante forma parte de la excavación. Se ejecuta con material,

producto de corte o préstamo. Aquí, además de los rellenos correspondientes a las excavaciones ya descritas en el inciso anterior se consideran también las cuñas contiguas a los estribos de puentes, ampliaciones de corona, tendido de taludes, elevación de sub-rasante en rellenos existentes y el relleno de excavaciones adicionales abajo de la sub-rasante.

Lo ideal sería tener todo el tramo con balance, donde los volúmenes de corte son suficientes y adecuados para hacer el relleno y tener la distancia de acarreo menor de 500 metros, pero sucede que en la realidad tenemos además los siguientes casos: tramo con balance y desperdicio, donde la suma de los volúmenes de corte afectados por el coeficiente de contracción, es mayor que la suma de los volúmenes de relleno; tramo con balance y préstamo, donde la suma de los volúmenes de relleno es mayor que la suma de los volúmenes de corte afectados por el coeficiente de contracción; tramo con sobreacarreo, donde la distancia de acarreo oscila entre 500 metros y 1 Km, y por último, tramo con acarreo, con distancias mayores a 1 Km.

Para realizar el relleno, una vez teniendo material, se procede a colocarlo por capas de un espesor que depende del equipo de compactación que vaya a ser utilizado. En todo relleno, el material apropiado se coloca con la humedad requerida, se conforma y se compacta como mínimo al 90% de la densidad máxima.

Para alcantarillas con tubos de concreto, el relleno se realiza en cuanto el mortero de la junta endurece lo suficiente para no causarle daño. El material de relleno se coloca y se compacta simultáneamente a ambos lados de la alcantarilla para evitar presiones desiguales.

Lo mismo procede con alcantarillas de tubería metálica corrugada, a diferencia que no hay motivo de espera para iniciar el relleno ya que éstas previamente se arman antes de anidarlas.

Cuando se utilizan materiales geosintéticos para facilitar el flujo de agua entre capas de materiales de terraplenes y así estabilizar y evitar la contaminación de los suelos, por ejemplo geotextiles o geomallas, el material de relleno se descarga desde uno de los extremos en que se inicia la construcción del relleno evitando que circule el tráfico mientras no se haya recubierto con una capa de por lo menos 30 centímetros.

c) Reacondicionamiento de sub-rasante

Sub-rasante es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Reacondicionamiento de sub-rasante es la operación que consiste en la limpieza de toda la vegetación y materia orgánica existente sobre el área de sub-rasante a reacondicionar, escarificar, homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en planos, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 20 centímetros de espesor con el objeto de regularizar y mejorar mediante estas operaciones las condiciones de la sub-rasante, como cimiento en este caso de la capa de rodadura que puede ser una capa de balasto o un tramo empedrado.

Los materiales inadecuados como suelos orgánicos son altamente compresibles y de baja resistencia por lo que deben sustituirse por materiales

de preferencia suelos granulares con menos del 3% de hinchamiento según el ensayo AASHTO T 193(CBR). Esto implica labores de excavación y relleno de vaciados.

La sub-rasante reacondicionada se compacta con una humedad óptima con tolerancia de un mas o menos 3%, hasta lograr el 95% respecto a la densidad máxima.

Cuando a los trabajos de reacondicionamiento de sub-rasante se le incorpora materiales estabilizadores, el renglón se convierte en estabilización de sub-rasante. Se hace con el fin de mejorar las condiciones mecánicas de esta capa.

Dentro de los estabilizadores tenemos la cal, granza de cal, y compuestos químicos entre otros. Deben agregarse en seco o como lechada en el momento en que la sub-rasante está escarificada.

6.7 Zampeado

Este trabajo se realiza utilizando roca, colocada con o sin mortero con el objeto de proteger márgenes, taludes, estructuras de drenaje y para el control de la erosión. La superficie donde se va a colocar el zampeado debe conformarse y compactarse. La roca que se utiliza debe ser dura, resistente a la intemperización, libre de materia orgánica y no debe usarse cantos rodados. El mortero debe tener una proporción en volumen de una parte de cemento y dos partes de agregado fino.

Cuando lo indiquen los planos, las disposiciones especiales o que durante el transcurso de la ejecución de los trabajos resulte necesario se coloca

geotextil, previa autorización del delegado residente supervisor, sobre la superficie preparada antes de proceder a la colocación de la roca.

En el zampeado sin mortero, se excava al pie del talud una zanja de cimentación donde se colocan las rocas mas grandes, las cuales al igual que el resto, se humedecen y lavan antes de colocarlas para remover los finos y detectar las defectuosas. Es recomendable para que tenga mayor consistencia el zampeado, que también en los demás bordes exteriores se coloquen rocas grandes en zanjas de cimentación. Luego se procede a construir la capa de cimentación que es la que va colocada sobre el talud en contacto con la superficie. Las rocas deben ir bien apoyadas entre sí y se pueden utilizar las mas pequeñas para el relleno de vacíos. Al terminar el trabajo, la zanja de cimentación se rellena con material selecto.

En el zampeado con mortero se construye de igual manera que el anterior con la diferencia que los vacíos entre rocas se rellenan con mortero de cemento por lo que se debe proveer de agujeros de drenaje.

Luego de colocar el mortero, se cepillan las rocas para dejar su superficie expuesta. Por último se procede al curado manteniéndolo húmedo durante 3 días y sin aplicarle carga exterior durante 4 días.

6.8 Gaviones y colchones para revestimiento

El gavión es una estructura en forma de caja rectangular, hecha con malla metálica hexagonal tejida con doble o triple torsión u ortogonal electrosoldada, que al ser instalado y relleno con rocas estables, conforme a diseños adecuados, forman una unidad constructiva continua de excelente presentación, de sólida conformación, capaz de soportar el dinamismo de las corrientes de agua, el empuje de las masas de tierra, etc.; además los espaciamientos entre piedra y piedra le dan a la construcción una

permeabilidad que le permite drenar las filtraciones de agua por gravedad, así como no dejar que las cargas hidráulicas se desarrollen detrás de la pared de los gaviones.

Presentan gran flexibilidad, son altamente resistentes a la corrosión y se adecuan fácilmente a cualquier terreno de trabajo, su construcción es rápida y sencilla que no necesita mano de obra especializada y es de larga duración.

Dentro de las aplicaciones y usos están: protección o defensas ribereñas tales como muros de encauzamiento, espigones y protección de diques; muros de contención y terraplenes, protección de estribos de puentes y accesos, cabezales de alcantarillas, tomas rústicas, revestimiento de canales, etc.

Por el tipo de protección que se requiera en su aplicación, la malla metálica torsionada o electrosoldada puede ser desde galvanizada simple hasta galvanizada triple, o aluminada. También hay presentaciones que incluyen mallas hexagonales galvanizadas y plastificadas con revestimiento de cloruro de polivinilo (PVC).

Por sus dimensiones hay gaviones tipo caja y gaviones tipo colchón. Los gaviones tipo caja tienen 0.3 metros o más en la dimensión vertical (alto).

Los gaviones tipo colchón tienen la dimensión vertical (alto) menor a 0.3 metros. Las presentaciones en ambos casos puede variar según el fabricante. El tipo de gavión a utilizar es de acuerdo a planos y especificaciones técnicas de construcción. Ver figuras 1, 2 y 3, así como cuadro 3, en detalles de carretera.

Para su construcción, se debe efectuar un levantamiento topográfico conforme a los planos y especificaciones. Si es necesario se realizan trabajos

de excavación y relleno. Se colocan las canastas vacías de los gaviones sobre la superficie conformada y compactada debiéndose interconectar las canastas adyacentes a lo largo de las orillas vertical y superior con refuerzos permanentes. Se enderezan todos los dobleces que haya en la malla o en los bordes y se alinean adecuadamente.

Se colocan cuidadosamente las rocas dentro de las celdas de las canastas evitando dañar el revestimiento de la malla y minimizando los vacíos. Conforme se va colocando la roca, se colocan los alambres para hacer la interconexión con otras canastas exteriores. Las celdas se rellenan de tal forma que ninguna esté llena a más de 0.3 metros de la celda adyacente.

El proceso se repite hasta que la canasta esté llena y finalmente se apoya la tapadera sobre la capa final de roca debiéndose asegurar a los lados, en los extremos y en los diafragmas.

Es importante que en todas las superficies de las canastas que queden expuestas no queden puntas de roca saliendo de la malla.

Cuando se termina una capa vertical de canastas y sobre esta se procede a colocar otra, se deben interconectar de tal manera que la capa superior quede ligada a la inferior a lo largo del frente, de la parte trasera y de los lados.

En el rostro trasero de la estructura de gaviones se coloca geotextil y conforme se vayan rellinando las celdas, se coloca el relleno estructural y se compacta por capas dentro de una franja mínima de un metro de ancho.

El revestimiento con gaviones tipo colchón se realiza en lo aplicable siguiendo los pasos de montaje del gavión tipo caja.

Si se especifica el uso de geotextil, éste debe colocarse frente a las caras traseras de los colchones y luego el relleno contra el geotextil. Ver Figura 4 en detalles de carretera.

6.9 Muros de retención de concreto reforzado

Estos muros se construyen de acuerdo a los planos, especificaciones técnicas y disposiciones especiales que aplican al proyecto para retener taludes en secciones de corte o material en secciones de relleno para el sostenimiento del terraplén de la carretera.

El concreto estructural debe ser de la calidad especificada producto de la mezcla y combinación de cemento hidráulico, agregados, agua y aditivos en calidades y proporciones adecuadas.

El acero de refuerzo debe ser de entera conformidad con los planos, las especificaciones generales y/o las disposiciones especiales.

Las formaletas deben ser estructuras de metal, madera, plástico o cualquier otro material que mantengan el concreto en la forma y dimensiones indicadas en los planos durante el estado plástico del concreto.

La obra falsa debe soportar las cargas sin causar deformación y asentamientos perjudiciales y para detener las formaletas antes o después de la colocación del concreto. Los selladores y materiales para juntas permisibles deben ser los especificados en los planos o disposiciones especiales. El material para relleno estructural debe ser granular de libre drenaje, libre de exceso de humedad, turba, terrones de arcilla, raíces, césped o cualquier otro material contaminante.

Los trabajos los inicia el contratista con un levantamiento topográfico teniendo las referencias entregadas por el supervisor del proyecto y la información suministrada en los planos.

Seguidamente se realiza la excavación necesaria, colocación de formaleta y obra falsa, colocación de refuerzo estructural, elaboración del concreto, fundición, curado, retiro de formaleta y obra falsa, para concluir con la construcción del relleno estructural en la parte de atrás del muro en una franja de un metro de ancho.

Durante la ejecución de los trabajos, el contratista debe proveer y mantener un sistema de control de calidad adecuado que comprende personal, equipo, suministros y facilidades para obtener muestras y realizar pruebas.

Cuando se practiquen los ensayos de campo y de laboratorio debe participar el personal de la supervisora.

6.10 Drenaje transversal

El drenaje en carreteras, es el conjunto de obras que están destinadas a recolectar, encauzar, y evacuar las aguas pluviales, tanto superficiales como subterráneas, para garantizar la estabilidad e integridad de la misma, y se puede clasificar en tres tipos:

1. Drenaje transversal.
2. Drenaje longitudinal.
3. Sub-drenaje.

En proyectos de rehabilitación y mejoramiento de carreteras, el trabajo consiste en la construcción o limpieza, reacondicionamiento o remoción de las estructuras de drenaje existentes.

Generalmente cuando las carreteras cruzan cauces naturales o las condiciones específicas no permiten construir canales de desfogue para evacuar las aguas superficiales o profundas, es obligada la construcción de obras adecuadas que permitan el paso de las aguas por debajo de la sub-rasante. Estas obras que deben funcionar hidráulica y estructuralmente bien, que encauzan y conducen las aguas de un lado de la carretera hacia el otro por debajo de la sub-rasante para desfogarlas hasta un lugar adecuado, constituyen lo que se conoce como drenaje transversal.

a) Alcantarillas

El sistema más utilizado es el de alcantarillas donde el tipo de tubería puede ser de concreto reforzado, de metal corrugado o de material plástico.

La ubicación de las mismas se encuentra en el cuadro de localización de drenaje transversal, que debe indicar el tipo de tubería, diámetro y estación referida a los planos de planta y perfil donde se debe construir.

Los tubos deben ser de los diámetros y clases requeridas y colocarse sobre un lecho de cimentación adecuadamente preparado, de acuerdo con los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales. Este renglón implica labores de excavación y relleno estructural no sólo para anidar las alcantarillas sino que también para los cabezales de entrada y salida y las cajas reunidoras de caudales.

Las juntas de los tubos de concreto deben ser calafateadas y llenadas con mortero o lechada espesa de cemento hidráulico. Antes de hacer la unión

con mortero deben mojarse las juntas completamente. El mortero debe ser en proporción volumétrica de una parte de cemento y tres partes de arena de río. Se utiliza mortero con suficiente espesor para permitir que la superficie interior entre dos tubos quede al mismo nivel.

Luego de colocada la sección, se llena el resto de la junta formando un anillo exterior a su alrededor el cual debe ser protegido del sol y del aire después del fraguado inicial cubriéndolo con tierra saturada de agua. Se limpia y alisa el interior de la junta. El relleno se efectúa hasta que el mortero haya endurecido lo suficiente para no dañarlo.

Las alcantarillas de metal corrugado están formadas con secciones semicirculares provistas de pestañas salientes con agujeros para colocar los pernos de armado.

Cuando se procede al armado de las mismas, las uniones transversales de las secciones semicirculares de la parte superior e inferior de la alcantarilla anidable deben ser alternas por lo que al adquirir el material también se incluyen medias secciones.

Es importante tomar en cuenta las instrucciones del fabricante acerca del armado, procedimiento para realizar el relleno, el espesor mínimo de relleno sobre la alcantarilla, recomendaciones para la colocación en zanja, en terraplén, en cimentación blanda en cimentación rocosa, etc. Ver figuras 5 a 11 en detalles de carretera.

b) Drenaje menor

Vados o badenes: Cuando la carretera cruza un río o un arrollo seco o con escurrimiento insignificante durante el verano, pero que durante la época

lluviosa posee una lámina de agua sólo durante algunos días del año, la obra apropiada es un vado, siempre y cuando las interrupciones del tránsito por las avenidas extraordinarias no sean excesivas.

Su construcción es sencilla y económica, en comparación con la de un puente. Se construyen suficientemente tendidos, acondicionando su acceso a curvas verticales muy suaves, proyectándose de tal manera que la orilla de la corona aguas arriba coincida en lo posible con el nivel superior del material de arrastre en el fondo del cauce.

Para evitar socavación, se les protege con dientes, tanto aguas arriba como aguas abajo. Se proyectan de manera que el tirante durante el escurrimiento normal, no sea mayor de 30 centímetros. La superficie de rodamiento del vado consiste en un zampeado de piedra ligada con mortero o de concreto.

Cuando un vado haga interrupciones del tránsito por largo tiempo, debido a tirantes mayores de 30 centímetros, se puede seleccionar un tipo de vado elevado sobre el cauce, el cual permita alojar tubos o una losa. Si esta solución aún no es suficiente, se puede construir un puente vado, que permite el paso del agua arriba de la corona durante las crecidas máximas extraordinarias, con lo que las interrupciones quedan reducidas a períodos aceptables.

c) Drenaje mayor

Puentes: Son estructuras cuya finalidad primordial es la de unir o comunicar 2 puntos separados por algún tipo de accidente topográfico (ríos, barrancos, zanjones, etc.) dando a las áreas inmiscuidas una vía de comunicación tanto económica como social y geográfica, facilitando el paso o acceso para personas y vehículos, y lo que éstos transportan. Se deben

construir cuando el régimen del escurrimiento no permita la construcción de vados o puentes vados, cumpliendo con lo indicado en los planos, especificaciones técnicas y normas de los fabricantes de ciertos productos.

Los puentes se dividen de acuerdo a su forma o tipo de estructura en colgantes, de hamaca, de alcantarilla, bóvedas o túneles, puentes en arco, etc. Por su finalidad o uso pueden ser peatonales, ferroviarios, levadizos, vehiculares, etc.

Los componentes estructurales de un puente son la superestructura y la subestructura. La superestructura es la parte que sirve de paso al tránsito de vehículos y se divide en: sistema de vigas, sistema de pisos o de pista y encintado o capa de rodadura. La subestructura es la parte que transmite todas las cargas del puente hacia el suelo y se divide en: apoyos extremos o estribos y apoyos intermedios o pilas. Además cuentan con obras accesorias como barandales, aceras y drenaje de aguas pluviales.

Para el diseño y construcción de puentes deben considerarse: la cota de rasante, condicionada por los niveles de crecidas máximas y gálibo mínimo a librar; la cota de cimentación, que depende de la capacidad soporte del suelo, siendo la mínima de 1.20 metros; las crecidas, que pueden ser normales, máximas y extraordinarias, y las velocidades de corriente. Generalmente, se toma la creciente máxima para el diseño, y como protección se deja una altura de 2.00 metros mínimo entre el nivel de la misma y la parte inferior de la estructura.

Las cargas que actúan sobre un puente y que definen su diseño son las siguientes: Carga viva, carga muerta, carga de camión, impacto, fuerza de frenado, fuerza de sismo, y empuje de tierras. De lo anterior se deduce que es

muy importante que a la hora de la ejecución de la obra, se sigan los planos y especificaciones al pie de la letra.

Se necesita de una topografía especial para poder realizar el mejor alineamiento posible del puente.

La cota de cimentación, indicada en los planos, depende del estudio de suelos que debe realizarse previamente, durante la fase del estudio de preinversión.

Algunas recomendaciones que deben tomarse en cuenta para la construcción de puentes son los siguientes:

- a) Cota mínima de cimentación por debajo del nivel de la corriente: 1.219 Mts. (recomendación AASHTO). Los cimientos no expuestos a corriente, se deberán profundizar hasta suelo firme.
- b) Hacer una excavación extra atrás del estribo para tener suficiente área de trabajo.
- c) Para aletones de gaviones, la piedra a usarse debe ser de preferencia de bordes quebradizos para lograr un mayor coeficiente de fricción piedra-piedra, gavión-gavión y gavión-suelo.
- d) Fundir la losa del piso monolíticamente con la losa de aceras y bordillos.
- e) Para fundir pilas en lechos de ríos, cuando éstos no son muy grandes, se debe desviar temporalmente el río, haciendo un nuevo cauce paralelo al original por medio de un dique de piedra o madera.
- f) Cuando el río es muy desplayado, se podrá angostar el lecho del mismo, temporalmente, para la construcción de pilas o estribos.

- g) Cuando el río es muy grande y deben fundirse una o varias pilas dentro de él, se deben construir diques individuales que aislará el área donde se va a trabajar.
- h) Las juntas en vigas y en pisos deben tener una distancia de 5 centímetros, según la D.G.C., pudiéndose proteger con sello asfáltico, neopreno o lámina galvanizada.
- i) En caso de que la estructura sea de acero, se debe proveer de pintura anticorrosiva a todos los elementos, debiendo dar mantenimiento, por lo menos cada año.
- j) Como en toda obra, los materiales deberán estar bajo techo y no tener contacto con el suelo, para lograr una buena preservación de los mismos.

La secuencia de ejecución de los trabajos de construcción de puentes es generalmente la siguiente:

- a) Levantamiento topográfico
- b) Limpieza y chapeo
- c) Trazo y estaqueado
- d) Excavación estructural
- e) Construcción de estribos
- f) Construcción de aletones
- g) Relleno estructural
- h) Construcción de pilas
- i) Construcción de sistemas de vigas
- j) Construcción de sistemas de pisos o de pistas
- k) Construcción de obras accesorias
- l) Limpieza general y remoción de ripio

Debe recordarse que el contratista al momento de presentar su oferta, tiene que incluir un cronograma de ejecución de los trabajos.

Se deberán implementar los formatos que sean necesarios para poder llevar el control tanto de los avances de trabajo como del personal que labora con fines de pago, cuya información deberá ser recogida diariamente por el jefe de grupo y hacérsela llegar previo visto bueno del Jefe de Ingeniería, a la oficina de control y producción.

6.11 Drenaje longitudinal

Las cunetas y contra-cunetas constituyen el drenaje longitudinal. Pueden ser revestidas como no revestidas. En ambos casos deben seguirse las especificaciones y detalles constructivos de cada proyecto en particular, los cuales se acomodan a la sección típica a trabajar. En el caso de cunetas y contra-cunetas sin revestimiento, la rehabilitación generalmente consiste en volver a conformar las mismas. En el caso de las revestidas, puede ser construcción o reparación.

Se deberán evitar cunetas de gran longitud, mediante la construcción de alcantarillas de alivio y canales de desfogue, de tal manera que la sección que se necesite sea menor, evitando así profundizar la misma, ya que las cunetas profundas son peligrosas para el tránsito.

De preferencia, deberán utilizarse cunetas revestidas de secciones triangulares con ángulos de 60° hacia el ancho de corona y 30° hacia la parte externa de la carretera, que dan margen a ser utilizadas en casos de emergencia, para parquear un vehículo o transitar por ellas evitando caer bruscamente sobre las mismas como sucedería en una cuneta de forma trapezoidal.

El recubrimiento de las cunetas revestidas puede ser de piedra ligada con mortero o de concreto simple fundido en el lugar. La piedra para el revestimiento puede ser de canto rodado o material de cantera labrada o no labrada siempre y cuando sea dura y resistente a la intemperie.

Se prepara el terreno debidamente de acuerdo al diseño de la cuneta, se hacen formaletas que sirven de rastras para mantener la geometría uniforme, se humedecen las piedras antes de colocarlas para remover cualquier materia extraña, se van colocando con la superficie plana si la tienen hacia el exterior dando separaciones entre cada una que van de 3 a 5 centímetros las cuales deben quedar completamente llenas con mortero formado por una parte de cemento hidráulico y tres partes de agregado fino, proporción en peso. Las cunetas deben mantenerse húmedas por lo menos durante 6 horas después de haber sido terminadas y sin aplicación de ninguna carga exterior durante 2 días.

Para las cunetas fundidas en sitio, al igual que en las anteriores se prepara el terreno, se colocan las formaletas y se elabora el concreto cumpliendo con la clase y resistencia requerida. Luego se coloca el concreto dejando juntas de construcción a cada 2 metros con un espesor de 3 milímetros. El espesor mínimo de la cuneta debe ser de 7 centímetros. El proceso de curado es igual al anterior.

Las cunetas naturales no están recubiertas por material impermeable por lo que el trabajo consiste en el alineamiento, conformación de la sección y compactación del suelo. Ver figuras 12, 13 y 14 en detalles de carretera.

6.12 Sub - drenaje

Frecuentemente a lo largo de un tramo carretero, encontramos materiales que no tienen la capacidad de evacuar el agua subterránea

procedente de diferentes fenómenos hidrológicos y geológicos, tales como las arcillas.

Surge entonces la necesidad de construir un adecuado sistema de drenaje que garantice que las aguas subterráneas no afecten la carretera. Ese sistema es el sub-drenaje, que puede construirse de tuberías perforadas, geotextiles, materiales pétreos para filtro, geocompuestos o simplemente de materiales pétreos (Drenaje Francés).

Sub-drenaje de tubería perforada: La tubería puede ser de concreto poroso, perforada de arcilla, perforada de concreto simple, perforada corrugada de acero, perforada de material plástico o perforada de aluminio, según se indique en los planos y disposiciones especiales del proyecto. Dependiendo del material de la tubería así será el diámetro de las perforaciones, el número de filas de perforaciones y el espaciamiento entre las mismas.

Para la construcción del sub-drenaje de tubería perforada se procede de la manera siguiente: Se realiza el replanteo topográfico y la excavación de la zanja de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas de construcción. En el fondo de la excavación terminada se coloca una capa de 5 centímetros de agregado fino, sobre el cual se asienta la tubería perforada. La tubería se conecta a pozos de visita, tragantes, tubos de salida y similares según sea el caso específico. Se rellena con agregado grueso hasta una altura igual a dos diámetros del tubo y 10 centímetros a cada lado del rostro del mismo y de ahí hasta las paredes de la excavación se rellenará con agregado fino en capas debidamente apisonadas a todo el ancho de la excavación hasta la altura requerida. Por último se coloca una capa impermeable del mismo material proveniente de la excavación o de préstamo debiéndose compactar bien en capas sucesivas no mayores de 10 centímetros. Ver figura 15 en detalles de carretera.

Sub-drenaje de drenaje francés: Una vez terminada la excavación de la zanja, se coloca el material para filtro consistente en piedras de canto rodado o de cantera, de tal manera que las de mayores dimensiones queden en el fondo.

Seguidamente, se colocan capas de piedra consecutivas hacia arriba de dimensiones menores en forma decreciente. A continuación se agrega el material fino y la capa impermeable al igual que en el drenaje de tubería perforada. Ver figura 16 en detalles de carretera.

También las piedras, agregados y material para la capa impermeable deberán cumplir con los requerimientos especificados en planos y disposiciones especiales del proyecto. Cuando se requiere geotextil para filtro, se coloca después de haber terminado 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. Cuando se indique en los planos, la tubería perforada se debe colocar después de colocar el geotextil y sobre una cama de 5 centímetros de espesor de material granular.

El geocompuesto consiste en dos planchas interceptoras del agua subterránea conformadas por geotextiles no tejidos y georedes de polietileno. El agua pasa a través del filtro geotextil y la geored la transporta o drena. 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.

6.13 Mampostería

Este trabajo consiste en la construcción o reparación de estructuras de piedra, de ladrillo o de bloque tales como cajas y cabezales de alcantarillas,

muros de protección y retención, pilas y estribos de puentes y demás estructuras de mampostería que sean necesarias.

Estructuras de mampostería de piedra: Se construyen conforme a las cotas de cimentación, dimensiones, tipos y formas que se indiquen en los planos. Las piedras pueden ser de canto rodado o material de cantera labrado o no labrado, duras y resistentes a la intemperie y deben ir unidas con mortero. El mortero se forma por una parte de cemento hidráulico y tres partes de agregado fino, proporción en peso.

Luego de los trabajos de topografía, excavación y preparación de la superficie del terreno a nivel de cota de cimentación, se procede a humedecer las piedras. Ya estando limpias se van colocando cuidadosamente en su lugar a manera de formar en lo posible hileras regulares, con una separación entre piedra y piedra entre 15 y 30 milímetros y poniendo las de mayores dimensiones en la base o parte inferior. Los lechos de cada hilada y la nivelación de sus uniones se llenan y conforman totalmente con mortero.

La mampostería se mantiene húmeda durante tres días después de haber sido terminada y sin aplicarle ninguna carga exterior por lo menos durante 14 días. Las figuras 17 y 18 contenidas en los detalles de carretera son de utilidad en el diseño de muros de contención de piedra.

Estructuras de mampostería de ladrillo o bloque: Se procede igual que en las estructuras de mampostería de piedra en lo aplicable. Son estructuras formadas por ladrillos o bloques de cemento o ladrillos o bloques de barro cocido unidos con mortero formado por una parte de cemento hidráulico y por tres partes de agregado fino, proporción en peso.

Se prepara el mortero en cantidades necesarias para su uso inmediato y que no pasen mas de 30 minutos sin emplearlo. Se colocan cuidadosamente los ladrillos o bloques con sus superficies húmedas formando hiladas regulares.

Las separaciones entre ladrillos o bloques de concreto deben ser entre 1 y 1.5 centímetros. Las superficies visibles de los ladrillos o bloques se limpian de las manchas de mortero y no se aplica carga exterior a la estructura terminada por lo menos durante 14 días de haber terminado el trabajo.

Concreto ciclópeo: Es una combinación de concreto estructural y de piedra grande de tamaño no mayor a 30 centímetros. El volumen total de piedra adicional no debe exceder de un tercio del volumen total del concreto ciclópeo. Se utiliza para la construcción o reparación de estructuras tales como cajas y cabezales de alcantarillas, muros de protección y retención, pilas y estribos de puentes y demás estructuras que sean necesarias.

Para su colocación es necesario el uso de formaletas. La piedra se coloca limpia, de preferencia a mano y sin dejarla caer o tirarla y se moja bien con agua limpia para evitar que absorba el agua del concreto.

6.14 Capa de rodadura

Es la capa de material clasificado que se coloca sobre la sub-rasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura. Una carretera a nivel de sub-rasante o de base no resiste la acción de los elementos naturales ni del tránsito, por lo que la capa de rodadura, la protege del desgaste, la erosión y la filtración.

Los trabajos de rehabilitación y mejoramiento se consideran dentro del proyecto cuando en la capa de rodadura aparecen ondulaciones debido al

movimiento plástico de la superficie, partes erosionadas causadas por el agua de lluvia, hoyos debido a un alto volumen del tránsito o por retraso de mantenimiento, puntos blandos debidos a la penetración y estancamiento de agua en la sub-rasante lo cual disminuye la capacidad de soporte, y depresiones a manera de carrileras a lo largo de la carretera, debidas a la inestabilidad de la superficie por exceso de agua, tiempo muy seco, tránsito pesado o aumento del tránsito.

Es tan dañino para una carretera de terracería un clima sumamente lluvioso como un seco ya que en ambos casos se altera el balance de los materiales de la cual está compuesta la capa de rodadura y a veces pueden extenderse tales efectos hasta el nivel de la base.

Cuando esto último sucede, se debe estabilizar la base mediante la adición a los suelos naturales de cemento, cal, asfalto o cualquier otro estabilizador de los que actualmente existen en el mercado. Los más utilizados son el cemento y la cal, dando origen a los “suelos cemento” y suelos estabilizados con cal, respectivamente, aunque, para escoger el mejor método, se deben hacer análisis de laboratorio al material que tiene o será utilizado para base.

La cal ha dado muy buenos resultados en suelos de granos finos que contengan un mínimo del 10% de arcilla. Para estabilizar la base con cemento, se debe escarificar, dar forma al área a coronar y nivelar, pulverizar y premojar la tierra, agregar el cemento y mezclar, agregar agua para alcanzar la humedad requerida y compactar. Para estabilizar la base con cal, se debe escarificar, agregar la cal uniformemente, rociar la superficie con agua, mezclar manteniendo la humedad óptima, dejar la mezcla orear durante 24 a 48 horas, mezclar y pulverizar la mezcla, compactar hasta alcanzar el 95% de la densidad

máxima y curar la superficie durante 5 a 7 días, manteniendo una humedad suficiente para que la misma no se seque.

En carreteras de terracería, la capa de rodadura la constituye una capa de material balasto. Para tramos con pendientes pronunciadas (entre el 12 y 16 %), la capa de rodadura puede ser constituida por empedrados. En tal caso, consultar lo referente al tema en el apéndice B de este trabajo.

De acuerdo a las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes (Secciones 209 y 303) de la Dirección General de Caminos actualmente en vigencia, el material balasto debe tener las siguientes características:

- a) Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier otro material perjudicial o extraño
- b) Peso unitario suelto: no menor de 1,450 Kgs./m³ (90 lb./pie³), determinado por el método AASHTO T 19.
- c) Tamaño máximo del agregado grueso del balasto: No debe exceder de 2/3 del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor a 10 centímetros.
- d) Porción de balasto retenida en tamiz No. 4 (4.75 mm): debe estar comprendida entre el 60% y el 40% en peso y debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60, determinado por el método AASHTO T 96.
- e) Límites de Consistencia de la porción que pase el tamiz No. 40 (0.425 mm):
 - Límite líquido: no mayor de 35, determinado por el método AASHTO T 89.
 - Índice de plasticidad: entre 5 y 11, determinado por el método AASHTO T 90.

- f) La porción que pase el tamiz No. 200 (0.075 mm) no debe exceder de 15% en peso, determinado por el método AASHTO T11.
- g) Valor soporte: CBR mínimo de 30 (AASHTO T 193) efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación (AASHTO T 180).

Cuando se disponga de varios bancos con materiales de igual calidad, se elige el más económico respecto a la explotación, carga, y transporte hacia los diferentes puntos de trabajo. Lo ideal es que los bancos se localicen a lo largo del tramo a rehabilitar; de no ser así, se tomarán como distancias de acarreo, los promedios ponderados hacia los distintos tramos a rehabilitar.

Para la ejecución de trabajos en la capa de rodadura, es necesario tener uno, dos o más jefes de grupo, dependiendo de la magnitud del proyecto. Por lo general, se emplea un jefe de grupo de capa de balasto y uno de tramos empedrados, los cuales tendrán la jerarquía y atribuciones ya mencionados en la parte de la organización del proyecto.

La capa de balasto se coloca sobre la sub-rasante previamente preparada de acuerdo a lo ya descrito en este trabajo, respetando las líneas, pendientes y sección típica establecidas en los planos y especificaciones. El espesor de la capa va de acuerdo a lo especificado para el proyecto pero en ningún caso debe ser menor de 10 centímetros ni mayor de 25 centímetros.

Conforme se van terminando los trabajos a nivel de sub-rasante y sin dejar de cubrirla en una longitud mayor a 2 kilómetros, se va colocando la capa de balasto. Luego de la colocación del material con la humedad requerida, se procede a la conformación y compactación de la capa de balasto utilizando el equipo apropiado.

La compactación se comprueba en el campo cada 600 metros cuadrados y en puntos alternos a lo ancho de la sección mediante el método AASHTO T 191 (ASTM D 1556) y debe ser como mínimo al 95% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180. El contenido de humedad se controla por medio de ensayos de laboratorio y campo, secando el material y determinando la humedad a peso constante o por el método del Carburo de Calcio, AASHTO T 217. Ver figuras 19 a 23 en detalles de carretera.

6.15 Construcciones complementarias

Dentro del proyecto de rehabilitación y mejoramiento de carreteras de terracería las construcciones complementarias más comunes que se ejecutan son las siguientes:

- a) Defensas para carreteras y puentes, que se construyen con elementos estructurales de concreto reforzado, metal o madera para prevenir accidentes y disminuir la gravedad como consecuencia de los mismos.
- b) Cercas con postes de madera, concreto o acero; alambre espigado o malla de alambre; portones de alambre, metálicos o de madera; con el fin de evitar que el ganado entre dentro del derecho de vía del proyecto, paso de servidumbre o a propiedades adyacentes.
- c) Monumentos de kilometraje de concreto reforzado prefundido, salvo que se indique de otra manera en los planos, para ubicar cualquier punto de la carretera con relación a su origen. Como el trabajo consiste en la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento y colocación de los monumentos, actualmente se hacen de lámina de acero de 2 milímetros de espesor, ya que son más livianos que los de concreto reforzado, facilitando así las operaciones antes mencionadas. Estos monumentos se pintan con pintura fluorescente al igual que la numeración del kilometraje y las marcas que sean necesarias para su

fácil identificación, para garantizar la correcta reflectividad en condiciones nocturnas.

Dichos trabajos deben ejecutarse conforme a planos y especificaciones.

6.16 Limpia final del derecho de vía

La limpieza se inicia conforme se van terminando los trabajos correspondientes a las diferentes estructuras que conlleve el proyecto, al estar completamente terminados los rellenos, para que no haya acumulación de escombros, malezas trozas, rocas sueltas, piedras grandes, material regado y demás residuos y desechos.

Seguidamente, luego de terminados los trabajos de terracería, se limpia el área a ambos lados de la carretera retirando los residuos ya mencionados y además se realiza una limpieza general de cunetas, alcantarillas y canales.

Por último, al finalizar la totalidad de los trabajos ya sea por tramos parciales que van a ser entregados y recepcionados o de la totalidad del proyecto, se procede a la limpieza final del derecho de vía y propiedades adyacentes limpiando y retirando las obras provisionales, equipo, material sobrante o descartado, basura y armazones temporales.

Se dejan todas las vías fluviales sin obstrucciones causadas por la construcción y en términos generales se deja la carretera limpia y presentable en toda su extensión.

6.17 Aspectos ambientales

Durante la ejecución del proyecto de rehabilitación y mejoramiento, el contratista debe cumplir con todas las leyes y demás disposiciones referentes al medio ambiente y afines como lo establece la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

Los trabajos a ejecutar son con respecto a las medidas de mitigación contempladas en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental ya aprobado, para las actividades que por sus características puedan causar deterioro del ambiente y a los recursos naturales y culturales.

Cada proyecto tiene características propias pero regularmente las medidas de mitigación más comunes que se ejecutan son las siguientes:

- a) Control de erosión mediante alcantarillas, geotextiles, zampeado, sacos de arena, presas de detención de erosión, canales de desviación, bermas de tierra, drenajes de taludes y vías fluviales y siembra de césped entre otros.
- b) Control de la erosión y preservación del medio ambiente mediante colocación de suelo vegetal para conformar áreas verdes.
- c) Siembra de césped por semillas, guías, tepes o vástagos de grama.
- d) Siembra de plantas (árboles, arbustos y enredaderas) para re vegetar las áreas que han sido afectadas por el proyecto.
- e) Control de la erosión mediante esteras que propician la vegetación.

Estos trabajos deben realizarse de acuerdo a lo indicado en los planos, especificaciones generales, disposiciones especiales o autorización del Departamento de Gestión Ambiental de la Dirección General de Caminos.

También a lo largo de la ejecución de los diferentes renglones del proyecto, se desarrollan actividades con aspectos ambientales tales como seguridad del personal, disposiciones sanitarias, protección de bosques, protección de fuentes de agua, protección de sitios y vestigios arqueológicos e históricos, plan de seguridad, control de tránsito y mantenimiento, avisos de precaución y maquinaria y paliativos del polvo entre otros.

6.18 Desmovilización

Simple y sencillamente consiste en el retiro del contratista y de sus recursos del sitio de la obra una vez finalizada y aprobada la misma.

Al finalizar este capítulo, es necesario mencionar que la esencia del mismo está basado en las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos vigentes a la fecha y que en algunos casos se utilizaron frases o párrafos completos extraídos de las mismas dado a que son métodos, técnicas o procedimientos que deben seguirse al pie de la letra.

6.19 DETALLES DE CARRETERAS

Cada proyecto en particular tiene sus planos y disposiciones especiales que se ajustan a las características propias del mismo. A continuación se presentan algunos detalles de carretera típicos.

Figura 1. Elementos del gavión -sin escala-

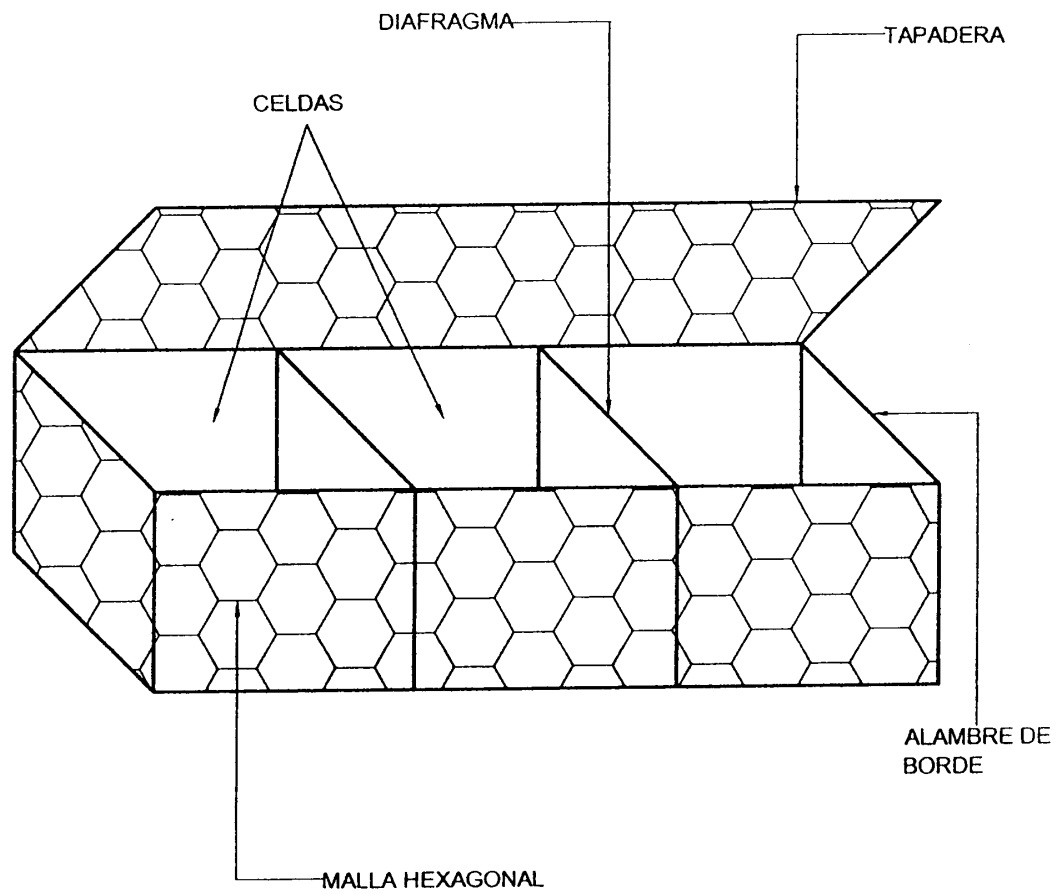


Figura 2. Gaviones tipo caja
-sin escala-

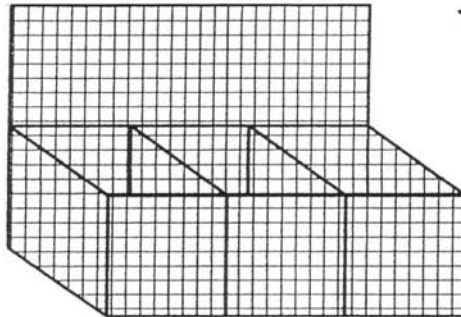
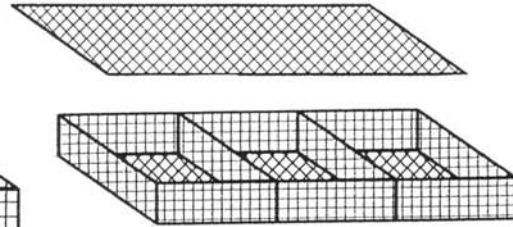


Figura 3. Gaviones tipo colchón
-sin escala-



Cuadro 3. Gaviones tipo caja y tipo colchón que se distribuyen en Guatemala, fabricados, clasificados e identificados conforme normas ASTM

LETRA CÓDIGO DE MEDIDA	LARGO X ANCHO X ALTO (Mts.)	EQUIVALENCIA APROXIMADA EN PIES	No. DE DIA- FRAGMAS	CAPACIDAD		CÓDIGO DE COLOR*
				METROS CÚBICOS	YARDAS CÚBICAS	
GAVIONES TIPO CAJA						
A	2x1x1	6' 6"x3' 3"x3' 3"	1	2	2.616	Azul
B	3x1x1	9' 9"x3' 3"x3' 3"	2	3	3.924	Blanco
C	4x1x1	13' 1"x3' 3"x3' 3"	3	4	5.232	Negro
D	2x1x0.5	6' 6"x3' 3"x1' 8"	1	1	1.308	Rojo
E	3x1x0.5	9' 9"x3' 3"x1' 8"	2	1.5	1.962	Verde
F	4x1x0.5	13' 1"x3' 3"x1' 8"	3	2	2.616	Amarillo
G	2x1x0.3	6' 6"x3' 3"x1'	1	0.6	0.785	Azul-rojo
H	3x1x0.3	9' 9"x3' 3"x1'	2	0.9	1.177	Azul-amarillo
I	4x1x0.3	13' 1"x3' 3"x1'	3	1.2	1.57	Azul-verde
GAVIONES TIPO COLCHÓN						
Q	3x2x0.15	9' 9"x6' 6"x6"	2	0.9	1.17	Blanco/Amarillo
R	4x2x0.15	13' 1"x6' 6"x6"	3	1.2	1.57	Blanco/Verde
T	3x2x0.23	9' 9"x6' 6"x9"	2	1.38	1.76	Rojo-Amarillo
U	4x2x0.23	13' 1"x6' 6"x9"	3	1.84	2.4	Rojo-verde

* Código de color usado en etiqueta metálica insertada en cada unidad para distinguir las medidas.

Por el tipo de protección que se requiera en su aplicación, pueden ser fabricados con malla hexagonal a doble torsión de alambre galvanizado de acero, revestimiento de aluminio, cloruro de polivinilo, zinc, etc. También encontramos en el mercado local productos torsionados de triple galvanización, torsionados plastificados (Triple galvanización + PVC), electrosoldados de galvanización simple y electrosoldados de triple galvanización. Además se pueden solicitar sobre medidas especiales.

Figura 4. Muro de contención de gaviones —escala indicada—

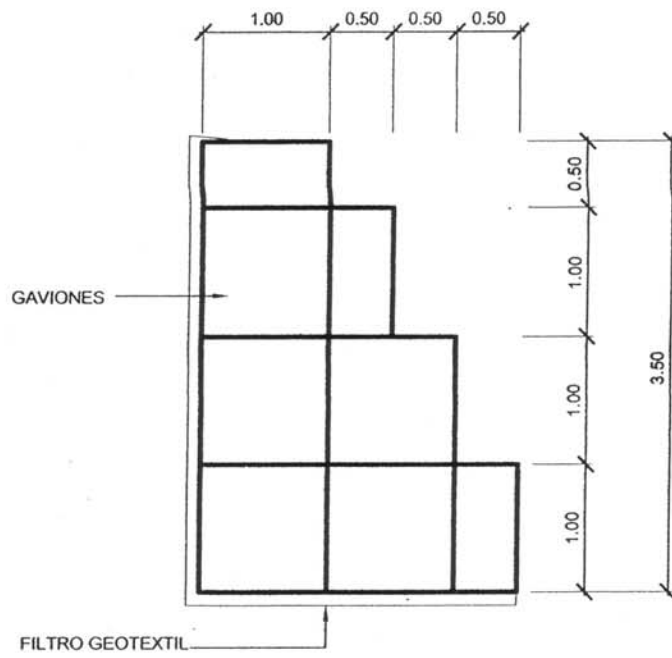
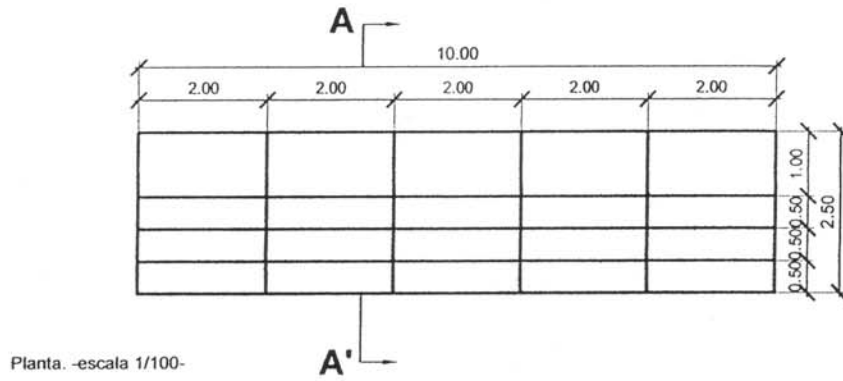


Figura 5. Planta de drenaje transversal –escala 1/100-

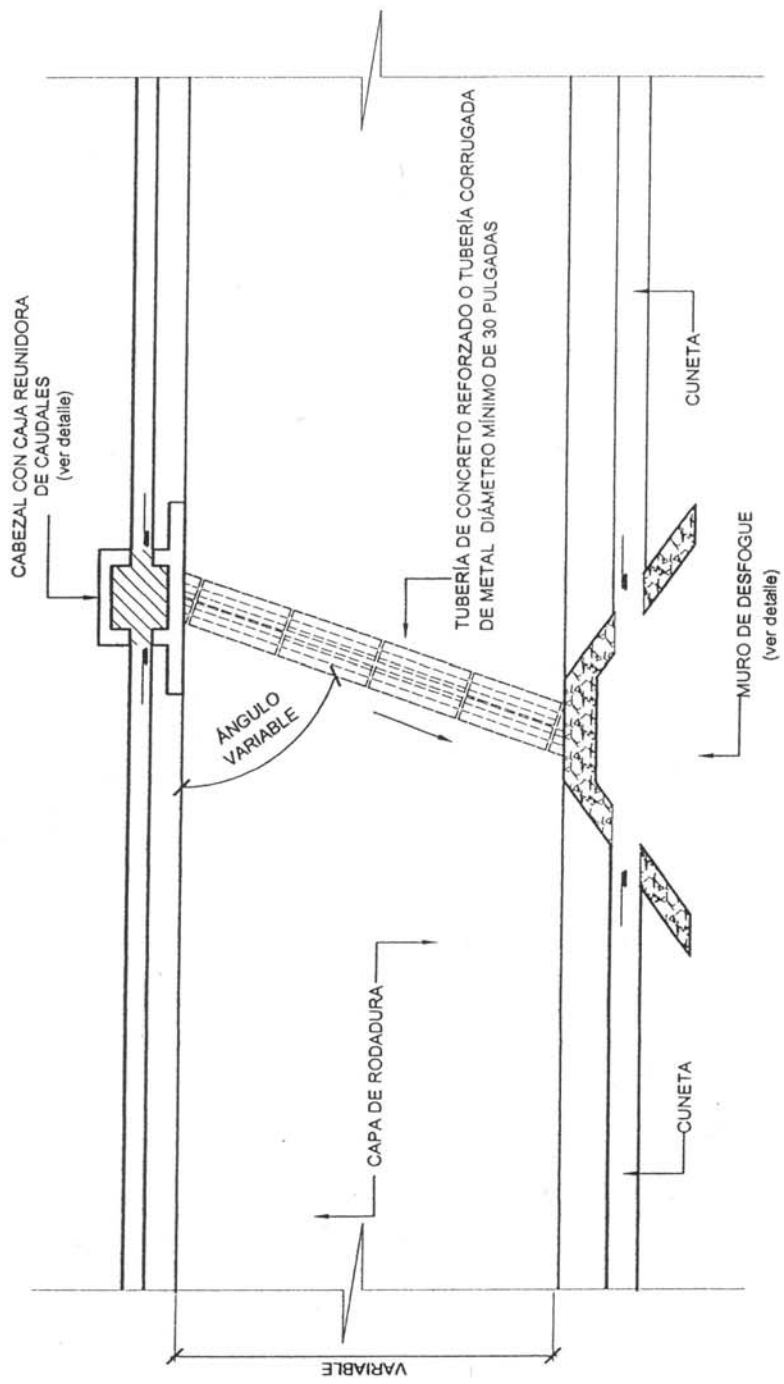


Figura 6. Isométrico de drenaje transversal –sin escala-

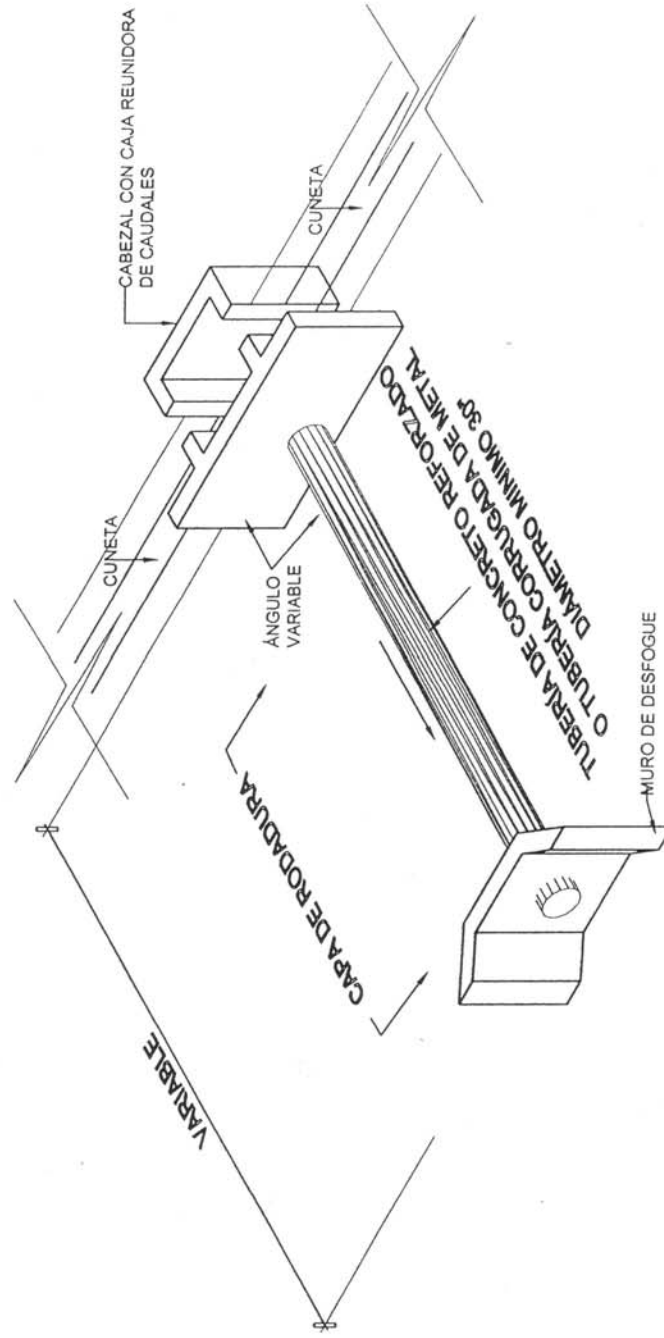


Figura 7. Detalle de muro de desfogue
-escala 1/50-

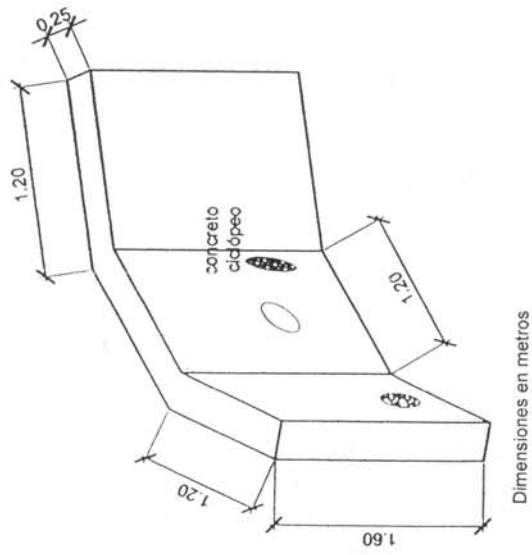


Figura 8. Detalle de cabezal con caja reunidora de caudales
-escala 1/50-

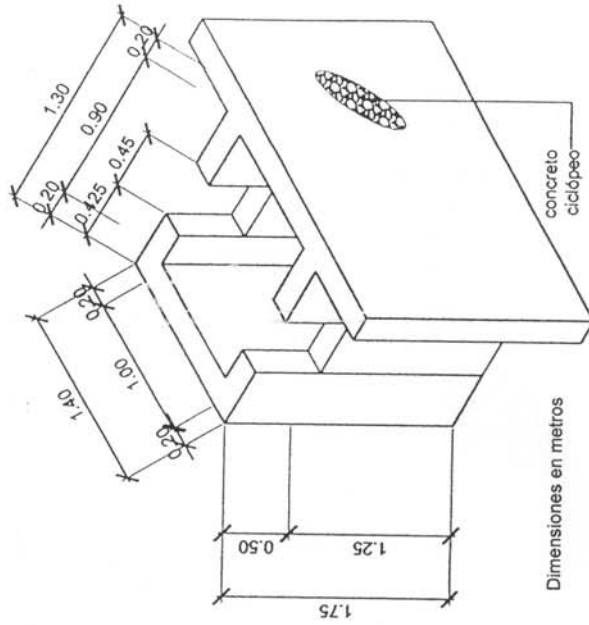


Figura 9. Detalle de unión de tubos de cemento -sin escala-

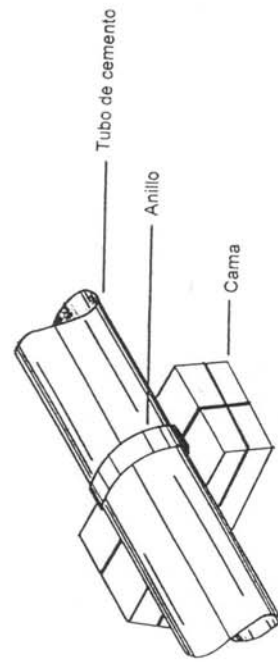
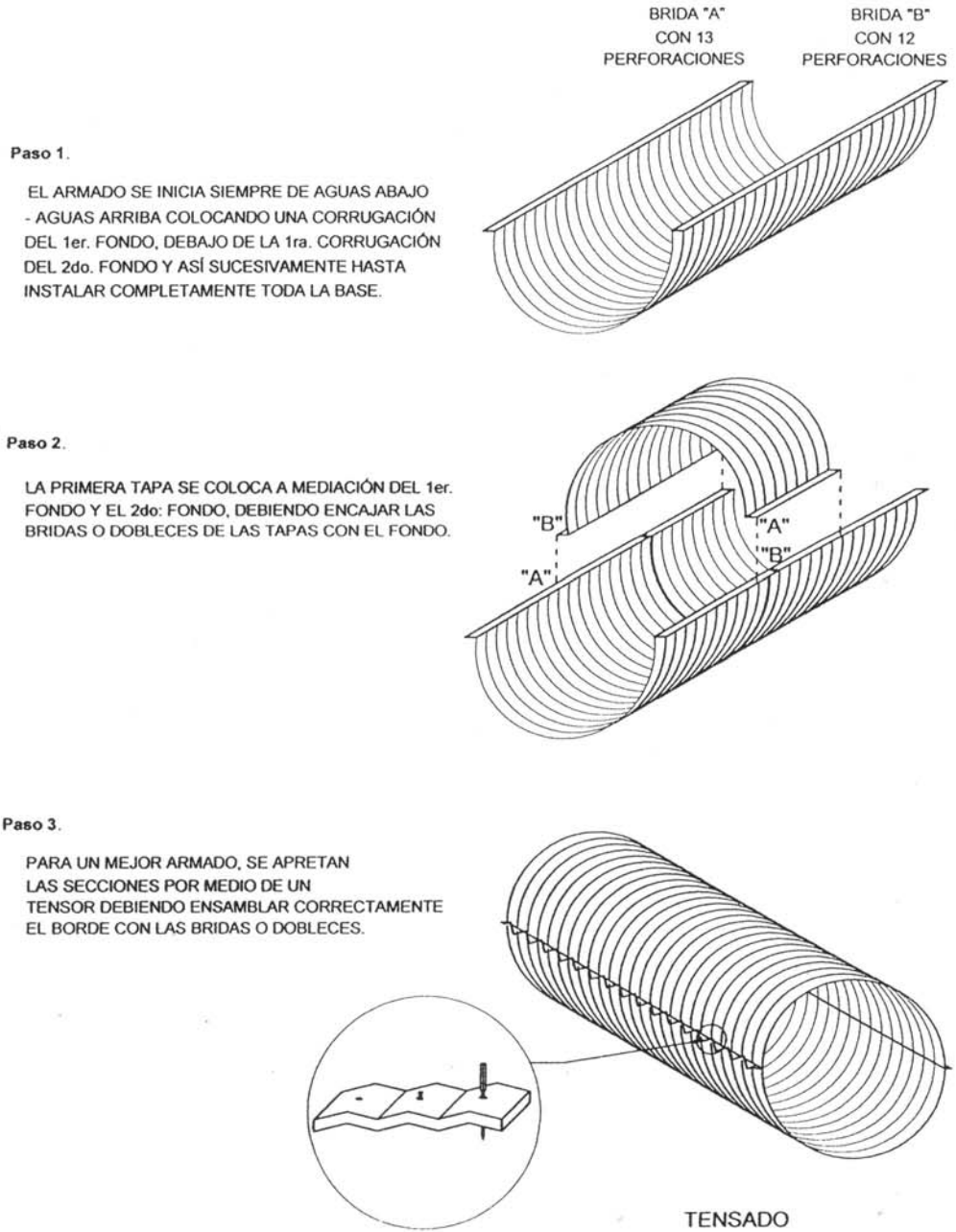
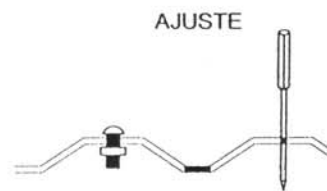


Figura 10. Instrucciones para el armado de alcantarilla anidable con brida

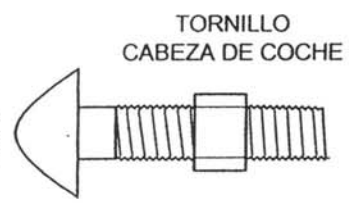


Paso 4.
SE UTILIZAN TORNILLOS LOS CUALES SE INSETAN POR LA PARTE SUPERIOR APRETANDO LA TUERCA HASTA QUE AJUSTE.



AJUSTE

PARA DIÁMETROS DE 45 A 90 CENTÍMETROS (24" A 36") SE UTILIZAN TORNILLOS "CABEZA DE COCHE" DE 3/8" X 1", Y PARA DIÁMETROS DE 1.05 METROS A 2.13 METROS (42" A 84") SE UTILIZAN TORNILLOS DE 3/8" X 1 1/2".



TORNILLO
CABEZA DE COCHE

(3/8" X 1") ó (3/8" X 1 1/2")

Alcantarilla armada

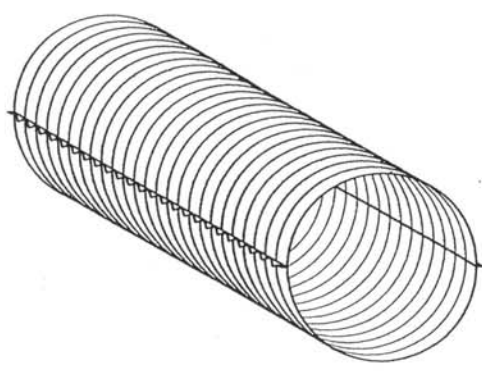
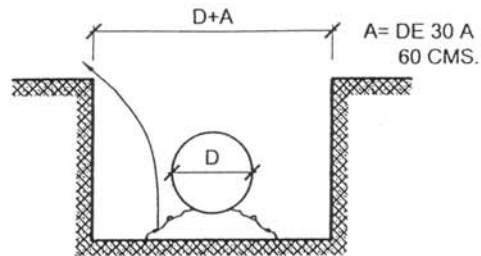


Figura 11. Instrucciones para colocación de alcantarilla anidable con brida
-sin escala-

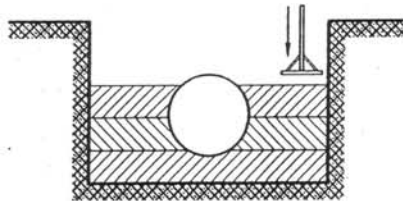
En zanja

Paso 1.



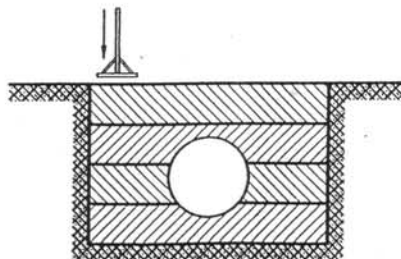
RETIRE LAS ROCAS MAYORES DE 8 Cms. Y COMPRIMA BIEN LA PLANTILLA.

Paso 2.



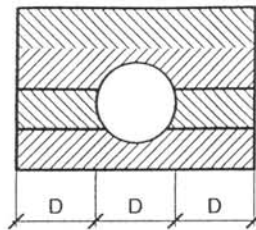
COLOQUE EL RELLENO EN CAPAS BIEN COMPRIMIDAS DE 15 A 20 Cms. DE ESPESOR, MANTENIENDO EL RELLENO A LA MISMA ALTURA EN AMBOS LADOS DE LA ALCANTARILLA.

Paso 3.



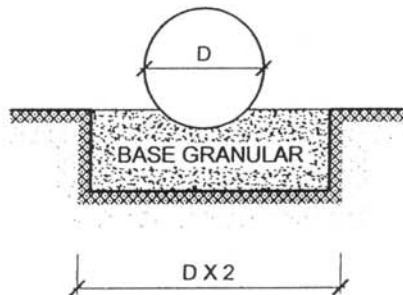
CONTINÚE CON LAS INDICACIONES ANTERIORES HASTA ALCANZAR UNA ALTURA MÍNIMA DEL RELLENO SOBRE LA ALCANTARILLA IGUAL A LA MITAD DE SU DIÁMETRO.

En terraplén



COMPRESA SEGÚN LAS INDICACIONES PARA ZANJA, PERO CUIDANDO QUE LAS CAPAS DE RELLENO SEAN UNIFORMES Y SE EXTIENDAN A UNA LONGITUD IGUAL AL DIÁMETRO EXTERIOR HACIA CADA LADO DE LA ALCANTARILLA.

Cimentación blanda



BASE DE ARENA Y GRAVA, PIEDRA TRITURADA U OTRO MATERIAL ADECUADO, CON LO ANCHO POR LO MENOS DEL DOBLE DEL DIÁMETRO Y DE UN ESPESOR ADECUADO A LAS CONDICIONES DE LA CAMA O PLANTILLA.

Cimentación en roca

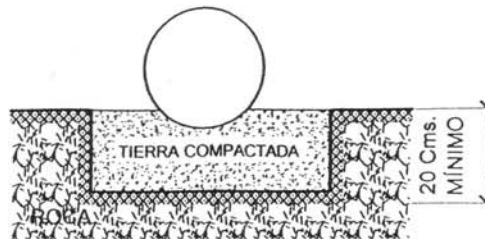
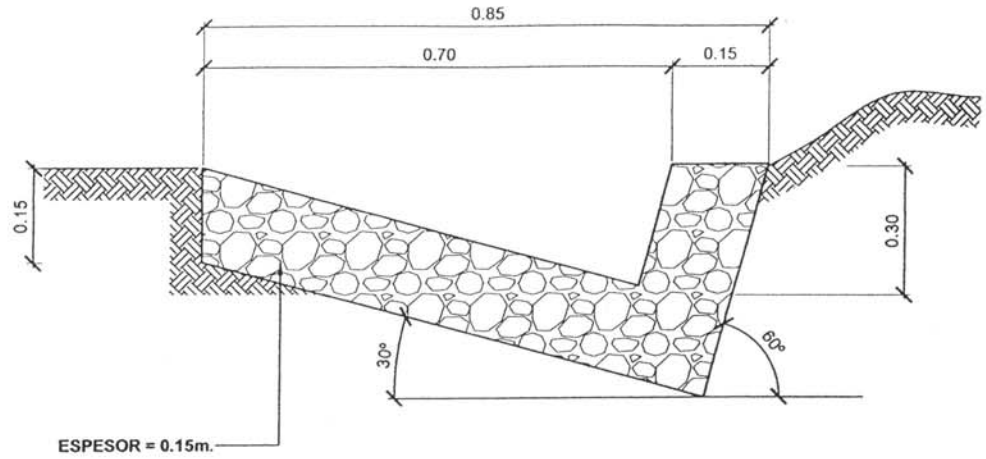
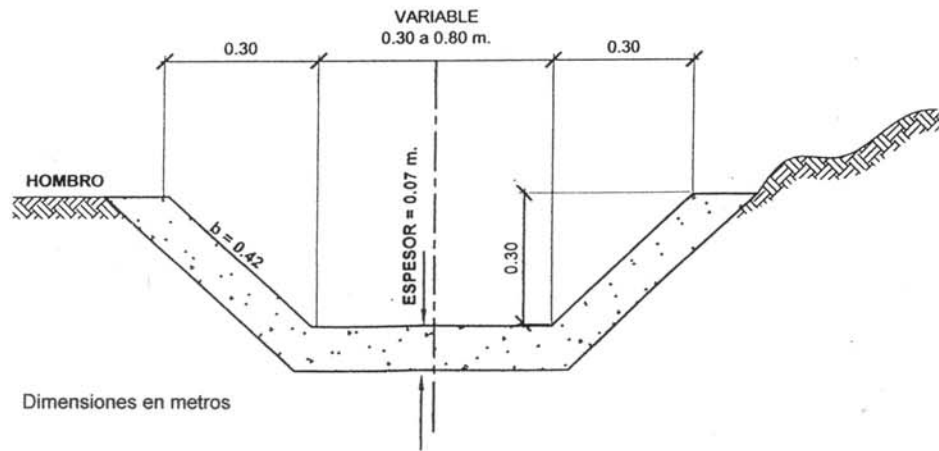


Figura 12. Sección típica de cuneta revestida con piedra bola ligada con mortero -sin escala-



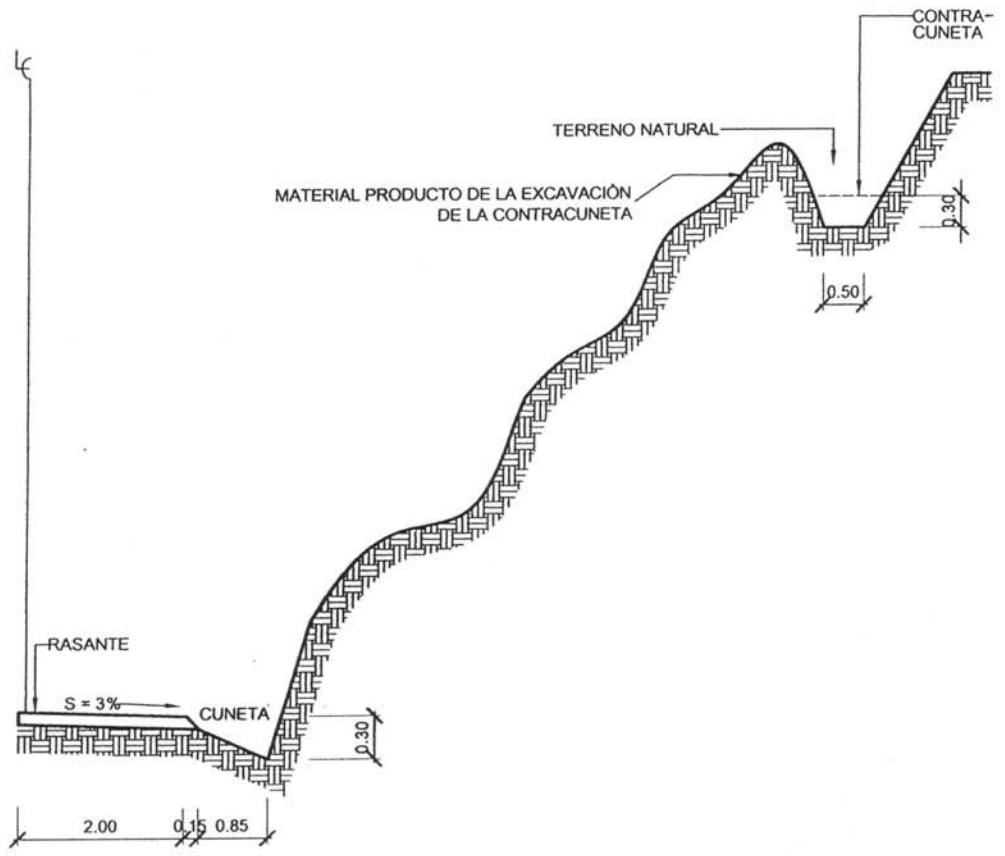
Dimensiones en metros

Figura 13. Sección típica de cuneta de concreto -sin escala-



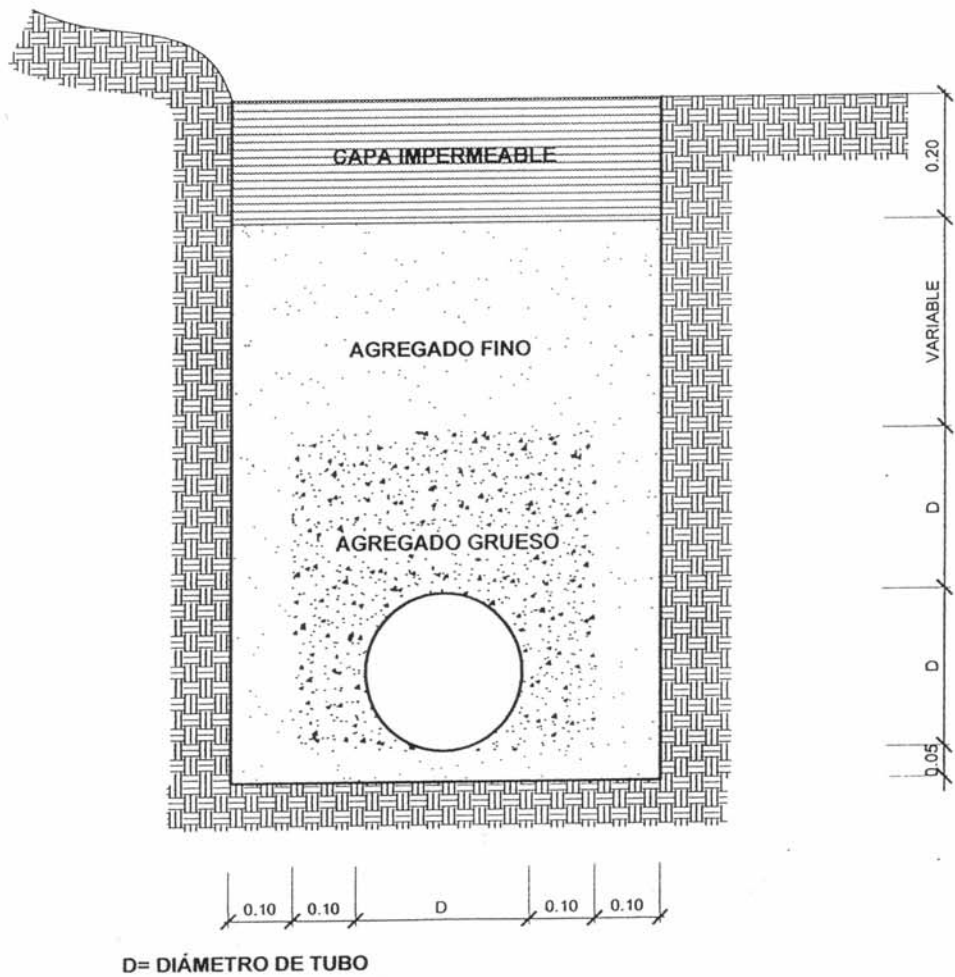
Dimensiones en metros

Figura 14. Cuneta tipo de sección triangular y contracuneta trapezoidal para caminos tipo "F" -sin escala-



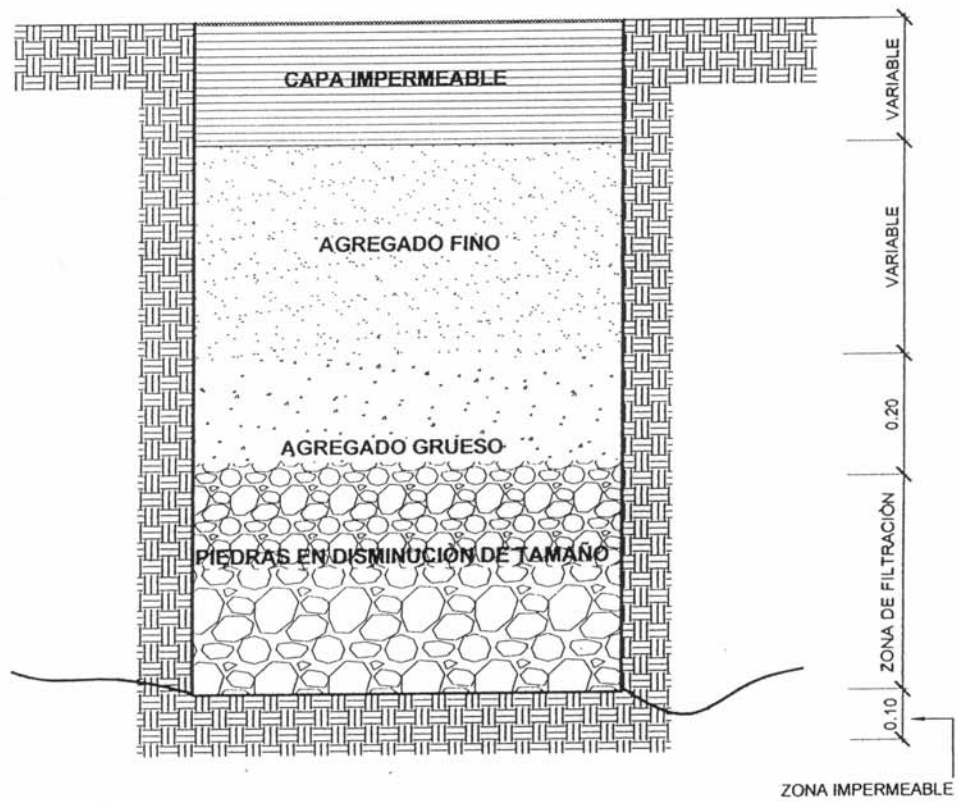
Dimensiones en metros

Figura 15. Sub-drenaje de tubería perforada –sin escala–



Dimensiones en metros

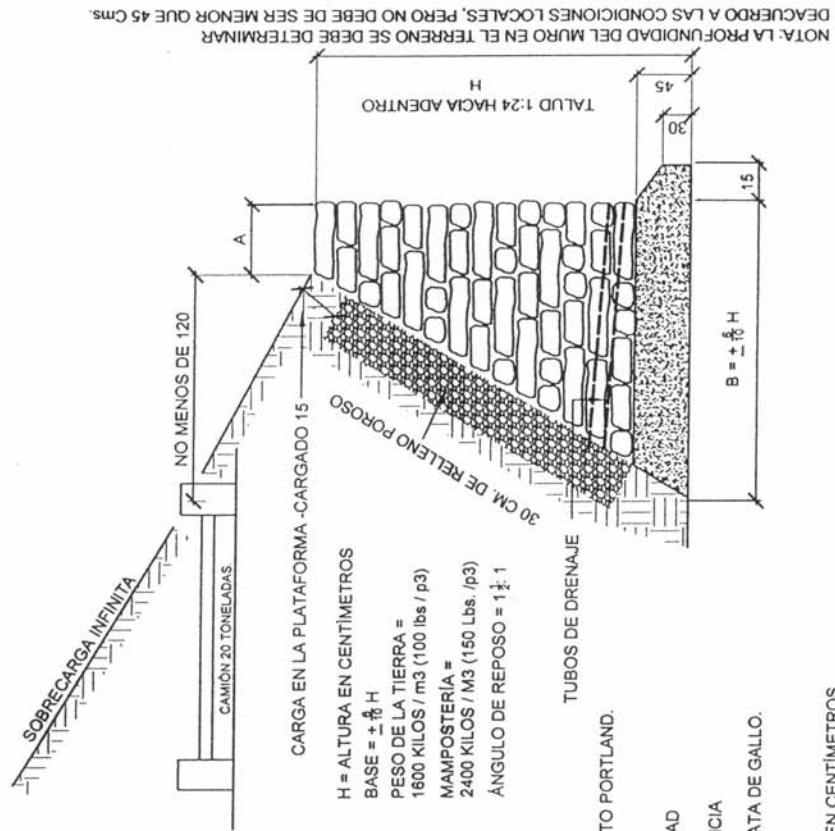
Figura 16. Sub-drenaje de drenaje francés –sin escala–



Dimensiones en metros

Figura 17. Muros de contención de mampostería de piedra unida con mortero de cemento Portland –sin escala-

ALTURA DEL MURO "H" EN CENTÍMETROS	ANCHO DEL TOPE "A"	ANCHO EN LA BASE "B"	AREA DE LA SECCIÓN M ²
90	40	50	0.47
120	40	70	0.72
150	40	90	1.04
180	50	110	1.5
210	50	130	1.95
240	50	150	2.46
270	50	160	2.90
300	50	180	3.51
340	50	200	4.31
370	60	220	5.24
400	60	240	6.06
430	60	260	6.94
460	60	270	7.65

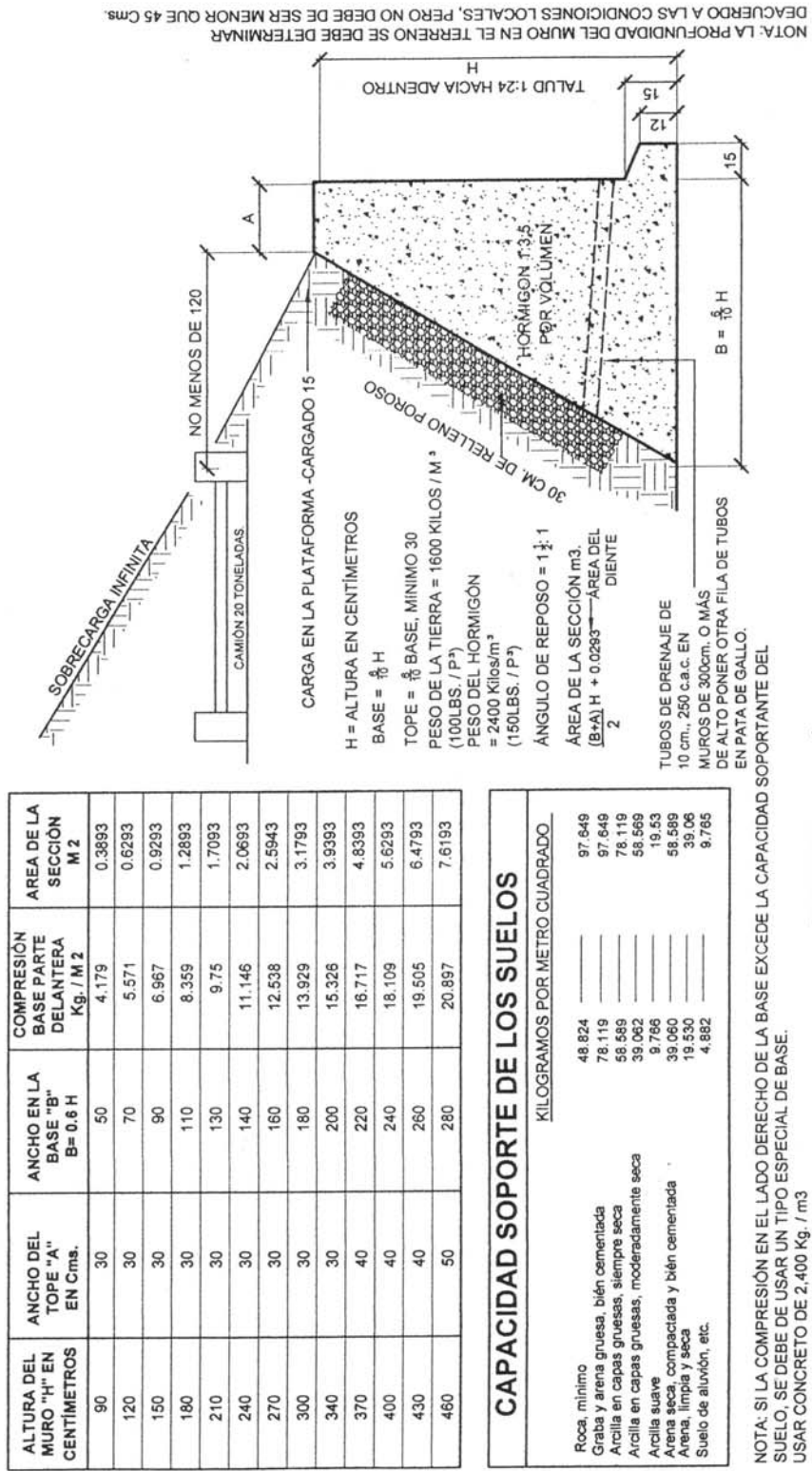


- NOTA:
- EN LA BASE USAR CONCRETO CLASE 3000.
 - LA PIEDRA DEBE DE SER ACOMODADA Y PEGADA CON MORTERO DE CEMENTO PORTLAND.
 - LOS TUBOS DE DRENADAJE DEBEN DE SER CONTINUOS.
 - EL COSTO DE LA BASE DEBE DE SER INCLUIDO EN EL COSTO DE MUROS.
 - SI LA COMPRESION EN EL LADO DERECHO DE LA BASE EXCEDE LA CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO, SE DEBE DISEÑAR UN TIPO ESPECIAL DE BASE.
 - LOS TUBOS DE DRENADAJE DEBEN SER DE 10 Cms. DE DIAMETRO Y LA DISTANCIA DE 250 Cms. DE CENTRO A CENTRO.
 - EN MUROS DE 300 Cms. O MÁS DE ALTO, PONER OTRA FILA DE MUROS EN PATA DE GALLO.

DIMENSIONES EN CENTÍMETROS

PLANO ORIGINAL DE VIRGINIA DEPARTMENT OF HIGHWAYS, U.S.A.

Figura 18. Muros de contención por gravedad, de concreto, con sobrecarga infinita y plataforma cargada -sin escala-



ALTURA DEL MURO "H" EN CENTÍMETROS	ANCHO DEL TOPE "A" EN Cms.	ANCHO EN LA BASE "B" B= 0.6 H	COMPRESIÓN BASE PARTE DELANTERA Kg. / M ²	ÁREA DE LA SECCIÓN M ²
90	30	50	4.179	0.3893
120	30	70	5.571	0.6293
150	30	90	6.967	0.9293
180	30	110	8.359	1.2893
210	30	130	9.75	1.7093
240	30	140	11.146	2.0693
270	30	160	12.538	2.5943
300	30	180	13.929	3.1793
340	30	200	15.326	3.9393
370	40	220	16.717	4.8393
400	40	240	18.109	5.6293
430	40	260	19.505	6.4793
460	50	280	20.897	7.6193

CAPACIDAD SOPORTE DE LOS SUELOS

	KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO
Roca, mínimo	48.824
Grava y arena gruesa, bien cementada	97.649
Arcilla en capas gruesas, siempre seca	97.649
Arcilla en capas gruesas, moderadamente seca	78.119
Arcilla suave	58.569
Arcilla slica, compactada y bien cementada	19.53
Arcilla, limpia y seca	58.569
Suelo de aluvión, etc.	19.530
	4.882
	9.765

NOTA: SI LA COMPRESIÓN EN EL LADO DERECHO DE LA BASE EXCEDE LA CAPACIDAD SOPORTANTE DEL SUELO, SE DEBE DE USAR UN TIPO ESPECIAL DE BASE. USAR CONCRETO DE 2,400 Kg. / m³

DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
PLANO ORIGINAL DE VIRGINIA DEPARTMENT OF HIGHWAYS, U.S.A.

Figura 19. Sección típica de terracería en tangente -sin escala-

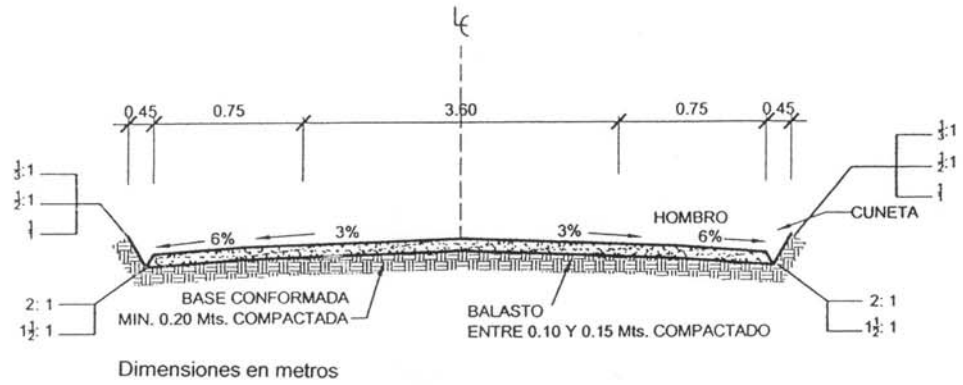


Figura 20. Sección típica de terracería en curva -sin escala-

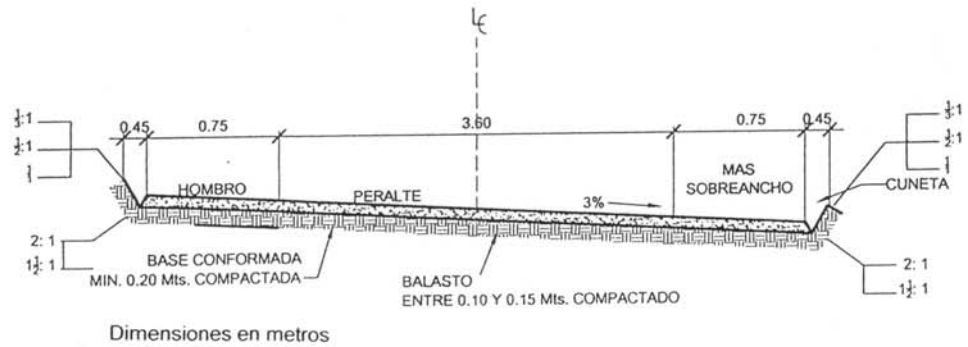
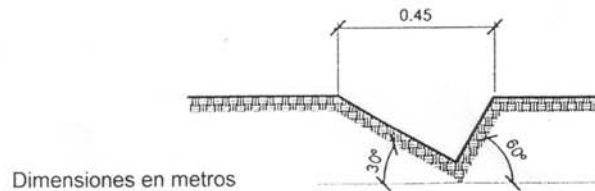


Figura 21. Sección cuneta de tierra -sin escala-



RECOMENDADA PARA TRAMOS CON PENDIENTES MENORES DE 10 % CON DESFOGOS A CADA 100 mts.
(ESTA DISTANCIA VARÍA SEGÚN TIPO DE SUELO Y TOPOGRAFÍA)

Figura 22. Sección típica empedrada en tangente -sin escala-

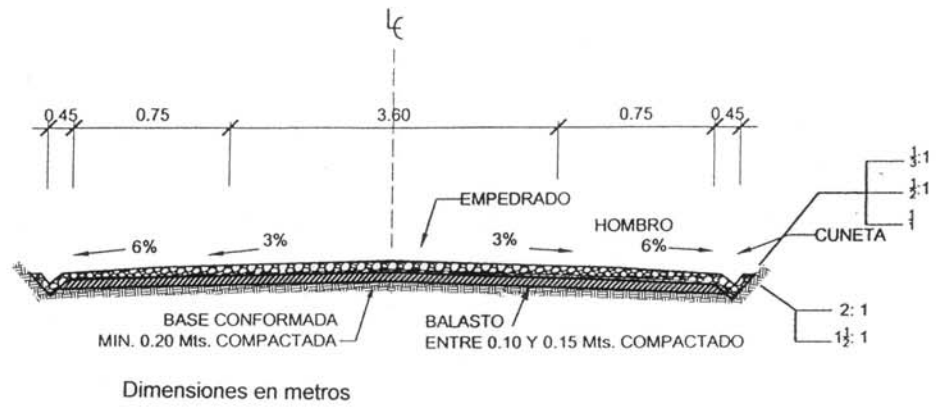
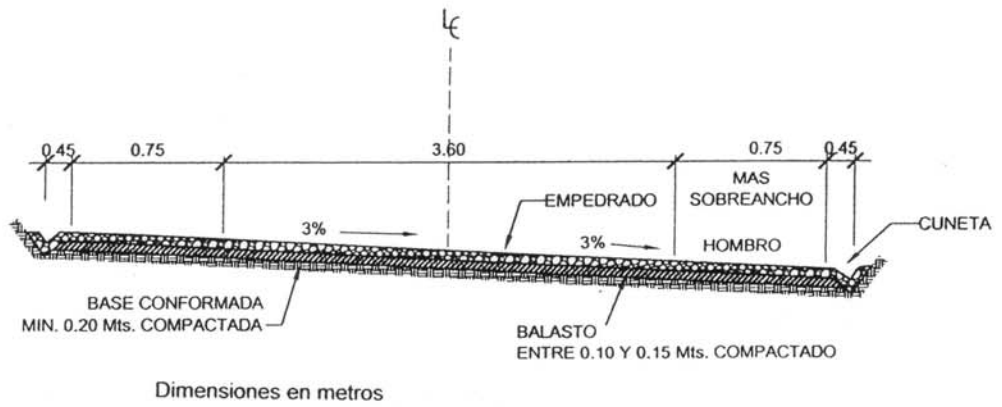


Figura 23. Sección típica de terracería en curva -sin escala-



7. CONTROLES DE TRABAJO Y LIQUIDACIÓN DEL PROYECTO

7.1 Cronograma de ejecución

El cronograma de ejecución, es la programación de la ejecución de la totalidad de renglones contratados en un proyecto dentro del límite de tiempo ofertado en la licitación, representado generalmente en forma gráfica por medio de Diagramas de Gantt. Ver gráfica 2.

Dicho cronograma puede hacerse mediante el uso de técnicas tales como el Método de la Ruta Crítica (CPM), el cual, permite programar la ejecución del proyecto con mayor exactitud en tiempo. Cuando el empleo de esta técnica es adecuado, se puede inclusive reducir el tiempo de la ejecución y por ende el costo del proyecto.

El Contratista debe llevar a cabo el progreso de la obra, de conformidad con lo indicado en el cronograma de ejecución física para no exponerse en caso de incumplimiento a las sanciones contempladas en el contrato.

En algunos casos, por ejemplo por acuerdos de trabajo extra, o cualquier otra causa justificada El Contratista podrá solicitar una extensión de tiempo para la terminación de la obra. Dicha extensión de tiempo al ser autorizada implica que El Contratista debe tramitar y presentar el endoso respectivo de la fianza o garantía de cumplimiento ante la entidad contratante.

Gráfica 2. Cronograma de ejecución proyecto típico

PROYECTO:

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA DE TERRACERÍA

No.	RENGLON	MESES						
		1	2	3	4	5	6	7
1	MOVILIZACIÓN							
2	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE							
3	REPLANTEO TOPOGRÁFICO							
4	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO							
5	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE PRESTAMO							
6	ACARREO							
7	REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE							
8	INSTALACION TUBERIA METALICA DE 30"							
9	INSTALACION TUBERIA METALICA DE 60"							
10	CABEZALES CON CALA REUNIDORA DE CAUDALES							
11	CABEZALES DE SALIDA							
12	MUROS DE CONTENCIÓN DE GAVIONES							
13	CAPA DE BALASTO							
14	TRAMOS EMPEDRADOS							
15	CUNETAS REVESTIDAS							
16	CUNETAS NO REVESTIDAS							
18	DESMOVILIZACIÓN							

NOTA:
 El cronograma de ejecución que aquí se muestra es únicamente a manera de ilustración.
 Los renglones de trabajo son específicos para cada proyecto y el tiempo de ejecución depende de las cantidades contratadas.

7.2 Control de la ejecución del proyecto

El control de la ejecución del proyecto, consiste en recopilar información real de los renglones que se están trabajando, para luego compararlos con los datos señalados en el programa de trabajo.

En tal sentido, los pasos a seguir serán los siguientes:

- (a) Establecer el plan de trabajo del proyecto.
- (b) Iniciar la ejecución del proyecto.
- (c) Durante la ejecución, recopilar información real de lo que está sucediendo y cotejarla con los datos señalados en el programa de trabajo.
- (d) Analizar las diferencias entre los datos reales y los establecidos en el programa, con el fin de tomar las medidas correctivas si la situación así lo amerita.

Dentro de las principales funciones de control en la ejecución de un proyecto tenemos las siguientes.

- a) Planeamiento, que consiste en la previsión y coordinación de los recursos disponibles para realizar el trabajo con la máxima eficiencia. Prever los recursos significa conocer las capacidades de producción, según la cantidad y calidad de maquinaria de que se disponga, los materiales necesarios y el recurso humano.
- (a) Programación, que es donde se fija el tiempo necesario para realizar un trabajo. Indica cuando debe iniciarse y cuando debe terminarse cada uno de los renglones de trabajo, tomando en cuenta la

secuencia de operaciones, así como la maquinaria, equipo, materiales y elementos de trabajo de los cuales se dispone.

- (a) Preparación del trabajo. Tomando en cuenta los planos, especificaciones técnicas, disposiciones especiales y experiencias de trabajos anteriores para mejorar los métodos de trabajo, consiste en agrupar una serie de instrucciones que comprenden ordenes de trabajo, materiales, maquinaria, equipo y recurso humano, para que de manera coordinada, se produzca un funcionamiento eficaz.

- (a) Control de avances de trabajo. Luego de la preparación del trabajo, viene la ejecución del mismo, donde además de la capacidad técnica del equipo, maquinaria y recurso humano con que se cuente, se requiere la correcta dirección del encargado del trabajo y la supervisión respectiva de los superiores. El control de avances de trabajo consiste en determinar las diferencias que se producen entre lo previsto y lo ejecutado por medio de inspecciones oculares y valorizaciones cuantitativas, el cual puede presentarse por medios gráficos, lo cual permite efectuar una serie de correcciones, principalmente en los rendimientos para la ejecución de los trabajos y planear y programar de mejor forma para el futuro. Todos los registros y controles se llevarán en la Oficina de Control y Producción, donde deberá haber un calculista y un dibujante de reconocida capacidad ya que dentro de sus atribuciones estarán el dibujar las secciones típicas originales y finales para cuantificar los movimientos de tierra, tener control del avance de los diferentes renglones de trabajo y realizar la cuantificación mensual de trabajo para el cobro respectivo. Toda esta información deberá archiversse por si se requiere para el informe final del proyecto.

7.3 Estimaciones de trabajo efectuado

Consisten en las evaluaciones periódicas, con fines de pago, del progreso de la obra, que realizan de común acuerdo el Delegado Residente de la Supervisora y El Superintendente, respecto de los renglones ejecutados, dentro del tiempo contractual.

Las estimaciones deberán prepararse en formatos especiales e indicar los renglones a ejecutar, las cantidades de trabajo a ejecutar, las unidades de trabajo, el precio unitario de cada renglón, el monto por renglón, el total de las cantidades de trabajo ejecutado en cada renglón, el monto al que asciende el trabajo de cada renglón y el monto total de la estimación. Si se va a amortizar un anticipo, se debe hacer la resta respectiva para obtener el monto neto de la estimación; si no se trata de la primera estimación, se consignarán los datos acumulados de la ejecución física y financiera. Ver cuadro 4.

Las estimaciones de trabajo se realizan dependiendo de lo estipulado en el contrato, que puede ser cuando se llegue a ciertos porcentajes de ejecución física, por lo que se lleve ejecutado cada cierto período de tiempo o por tramos parciales terminados con todas sus obras.

7.4 Inspección y recepción finales

En el momento que la obra está terminada, el contratista da el aviso por escrito al supervisor o su equivalente según sea el contrato, de la conclusión de los trabajos, con lo cual queda interrumpido el plazo de ejecución. El contratista procede a presentar a la entidad que lo contrató, las fianzas de conservación de obra o de calidad y de saldos deudores.

Cuadro 4. Estimación para pago

1. EMPRESA CONTRATISTA:

2. CONTRATO No.:

3. FECHA INICIO RELACIÓN CONTRACTU

4. FECHA OFICIAL INICIO TRABAJOS:

5. FECHA ACTA DE INICIACIÓN:

6. DIAS TRANSCURRIDOS A LA FECHA DE INICIO:

7. DIAS CONTRACTUALES TRANSCURRIDOS A LA FECHA:

ENTIDAD CONTRATANTE

PROYECTO

ESTIMACIÓN PARA PAGO No. _____

8. PERIODO DE ESTIMACIÓN:

9. ACUERDO MINISTERIAL No.:

10. FECHA DEL ACUERDO:

11. SEGUN ACTA INICIACIÓN No.

12. FECHA OFICIAL DE TERMINACIÓN:

13. NÚMERO DE DIAS TOTALES:

REN- GLÓN	DESCRIPCIÓN DE RENGLONES	UNIDAD	PRECIO UNI- TARIO	CANTIDAD CONTRA- TADA	COSTO TOTAL CONTRATADO Q.	CANTIDAD AJUSTADA	COSTO TOTAL AJUSTADO	CANTIDADES EJECUTADAS			COSTO DE LA EJECUCION Q.			
								EN ESTE PERIODO	ACUMULADO ANTERIOR	TOTAL A LA FECHA	%	EN ESTE PERIODO	ACUMULADO ANTERIOR	TOTAL A LA FECHA
TOTAL DEL CONTRATO:				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%
MOVIMIENTO DEL ANTICIPO:														
ANTICIPO RECIBIDO				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%
AMORTIZADO ANTERIOR				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%
AMORTIZADO ESTE PERIODO				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%
AMORTIZADO TOTAL				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%
SALDO POR AMORTIZAR				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%
TOTAL ESTA ESTIMACIÓN				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%
AMORTIZACIÓN DE ANTICIPO				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%
NETO A FAVOR DEL CONTRATISTA				Q.		Q.		Q.		Q.		Q.		%

ELABORÓ:

ACEPTÓ:

Vo.Bo.

SUPERINTENDENTE DEL
PROYECTO

SUPERVISOR DEL PROYECTO

JEFATURA DIVISION SUPERVISION
DE ENTIDAD CONTRATANTE

AUDITOR

DIRECTOR GENERAL

Cuando se trata de un proyecto contratado con el Estado, sus entidades descentralizadas y autónomas, unidades ejecutoras, las municipalidades y las empresas públicas estatales o municipales, rige la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento, por lo tanto, el supervisor tiene 15 días hábiles para hacer la inspección final luego del aviso de finalización de la obra presentado por escrito por el contratista.

En la inspección final el supervisor observará que la obra esté conforme a planos y especificaciones, de no ser así, requerirá por escrito al contratista que proceda a hacer las correcciones necesarias. Si los trabajos están correctamente concluidos, el supervisor rendirá informe pormenorizado a la autoridad superior correspondiente, quien dentro de los 5 días siguientes nombrará la Comisión Receptora y Liquidadora. Dicha comisión comprobará que los trabajos estén ejecutados satisfactoriamente y suscribirá el acta de recepción final de los mismos dentro de los 35 días siguientes a la fecha de notificación de su nombramiento.

7.5 Liquidación y pagos finales

Si el proyecto se contrató con la iniciativa privada, dentro del contrato se establecen las formas de pago.

Si el proyecto se rige dentro del marco de la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento, luego de la recepción final, la Comisión Receptora y Liquidadora en un plazo de 90 días procederá a efectuar la liquidación del contrato y establecer el importe de los pagos o cobros que deban hacerse al contratista.

Si el saldo de la liquidación es a favor del contratista, se le debe pagar dentro de los 30 días siguientes a la fecha en que la autoridad administrativa

superior de la entidad o dependencia contratante apruebe el informe de liquidación final. El pago final, incluye las cantidades retenidas de los pagos parciales, ajustes de liquidación, sanciones por retraso, etc.

7.6 Finiquito

La fianza de conservación de obra cubre el valor de las reparaciones de las fallas o desperfectos que le sean imputables al contratista durante el tiempo de responsabilidad de 18 meses, lo cual no lo exime de las responsabilidades por destrucción o deterioro de la obra debido a dolo (astucia o artificio usado para engañar) o culpa de su parte por el plazo de 5 años a partir de la recepción definitiva de la obra.

Finiquito es el remate de una cuenta y documento en que consta. El finiquito se otorga recíprocamente entre las partes luego de aprobada la liquidación final, el cual los libera de sus obligaciones salvo lo descrito en el párrafo anterior referente a la conservación de obra.

Habiendo concluido con la ejecución del proyecto, el Superintendente debe elaborar el informe final para presentarlo a la gerencia de la empresa constructora, basado en la información recabada durante la ejecución de todos los renglones de trabajo a través de sus Ingenieros Auxiliares, Jefes de grupo o en términos generales del personal a su cargo y de la bitácora correspondiente.

Dicho informe debe contener documentos que permitan comprobar y analizar en cualquier momento todo lo referente a la administración y ejecución física y financiera del proyecto terminado, comentarios, logros, problemas evitados o superados, sugerencias, recomendaciones, etc.

De esta manera termina la descripción de las diferentes actividades del proceso de rehabilitación y mejoramiento de carreteras de terracería. Cada proyecto ejecutado conforme la práctica de la buena Ingeniería deja nuevas experiencias en todos los aspectos de su ciclo y sobre todo la honda satisfacción de haber aplicado nuestros conocimientos para el bien común.

CONCLUSIONES

1. La necesidad de rehabilitar una carretera de terracería surge a raíz de su deterioro provocado por factores tales como el incremento en el tránsito y la acción de una época extremadamente seca o lluviosa, que provocan ondulaciones, hoyos, hundimientos en forma de carrileras, inestabilidad de taludes y terraplenes; socavamiento, asolvamiento y/o destrucción parcial o total del drenaje longitudinal y transversal, entre otros. El mejoramiento se da cuando además de la rehabilitación, es necesario ejecutar trabajos que den a la carretera mejores condiciones físicas y operativas para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor servicio al usuario agregándole nuevas características.
2. Para que la ejecución de un proyecto de rehabilitación y mejoramiento de carretera sea exitosa se debe tener una buena administración de los recursos financieros asignados al mismo y la organización, personal y equipo adecuados.
3. Los trabajos de movimiento de tierras están dentro de los que tienen mayor incidencia en el costo económico de un proyecto de carretera, bien sea construcción o rehabilitación.

4. Uno de los factores más importantes que debe considerarse en la rehabilitación y mejoramiento de carreteras para garantizar la estabilidad e integridad de la misma es el drenaje, constituido por el conjunto de obras destinadas a recolectar, encauzar, y evacuar las aguas pluviales, tanto superficiales como subterráneas.

5. Las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes, vigentes a partir de septiembre de 2001 incluyen una división de aspectos ambientales, donde se establece que durante la construcción, rehabilitación y mantenimiento de la red vial, el contratista debe cumplir con todas las leyes y demás disposiciones referentes al medio ambiente y afines como lo establece la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Las medidas de mitigación para las actividades que por sus características puedan causar deterioro del ambiente y a los recursos naturales y culturales están contempladas en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental aprobado antes de la ejecución de la obra.

RECOMENDACIONES

1. Deben asignarse recursos económicos para la elaboración de estudios y evaluación de proyectos de la red vial del país, con miras a la total rehabilitación y mejoramiento, por el deterioro en que se encuentra actualmente la mayoría de carreteras.
2. Deben implementarse a nivel nacional los mecanismos que permitan determinar la composición y volumen del tránsito en los sistemas de carreteras.
3. Para obtener un buen aprovechamiento de los recursos del país, es necesario que la formulación, aprobación y ejecución de proyectos sea de carácter técnico, que satisfagan normas éticas y profesionales, que correspondan a las necesidades y prioridades reales de la nación, evitando la influencia de algunos sectores políticos y económicos, cuando éstos actúan con intereses personales y en forma deshonesto para enriquecerse incurriendo en el derroche y desacierto.
4. Nuestro país ha sido golpeado duramente por la corrupción. Las cotizaciones o licitaciones, según sea el caso, por el monto de los proyectos, deben realizarse con transparencia. No deben hacerse adjudicaciones por amistad, relación familiar, promesas políticas, ni mucho menos mediante el pago de porcentajes por cada obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. CONGRESO de la República de Guatemala. Ley de Contrataciones del Estado, su Reglamento y sus Reformas. Guatemala: s.e, 2001.
2. DEUTSCHE Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Cooperación Técnica Alemana). Gestión del Ciclo del Proyecto y Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos. República Federal de Alemania: s.e, 1996.
3. DEUTSCHE Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Cooperación Técnica Alemana). Métodos e Instrumentos Para La Planificación y Ejecución de Proyectos. República Federal de Alemania: s.e., junio 1991.
4. DIRECCIÓN General de Caminos. Especificaciones Generales Para la Construcción de Carreteras y Puentes. Guatemala: Litografía Guatemalteca, septiembre 2001.
5. FONDO Nacional Para La Paz –FONAPAZ-. Manual de Operaciones del Departamento de Evaluación, Tercer Volumen. Guatemala: s.e., 1998.
6. HANSER Pérez, Juan José. Análisis de los Criterios Para la Rehabilitación de Carreteras Existentes en Guatemala. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, noviembre de 1988.
7. INGERSOLL-Rand Company. Compactación Manual de Datos. Edición Internacional impresa en U.S.A.: s.e, 1979.
8. INSTITUTO de Fomento Municipal –INFOM-. Pavimentos de Piedra. Guatemala: s.e., 1998.
9. MODULAR Gabion Systems. Gabions and Gabion Mattresses. Houston Texas, U.S.A : s.e.,1997.
10. MUÑOZ Saravia, Antonio/Fondo Nacional Para La Paz –FONAPAZ-. El Ciclo De Los Proyectos. Guatemala: s.e, 1998.

11. PEREZ Méndez, Augusto René. Metodología de Actividades Para el Diseño Geométrico de Carreteras. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, octubre de 1989.
12. SOLEY Monje, Rafael. Especificaciones Para Diseño y Construcción de Caminos Vecinales en Guatemala. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, junio de 1967.
13. UNIDAD Ejecutora de Conservación Vial –COVIAL-. Especificaciones Especiales, Edición 2004. Guatemala, s.e., 2004.
14. WACKER Corporation. Compactación del Suelo y Máquinas Para Compactar en Áreas de Tamaño Limitado. Edición Internacional impresa en U.S.A.: s.e, diciembre de 1998.
15. YALIBAT P., Gonzalo. Instructivo de Prácticas de Mecánica de Suelos. Sección de Mecánica de Suelos, Centro de Investigaciones de Ingeniería. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1995.

APÉNDICES

APÉNDICE A

1. ESPECIFICACIONES

En proyectos de construcción, rehabilitación y/o mejoramiento de carreteras, las especificaciones y los planos se complementan entre sí, ya que las especificaciones describen el proyecto en forma escrita y los planos basados en estas últimas muestran los detalles en forma gráfica. Las especificaciones que rigen el campo de las carreteras son de dos tipos: de diseño y de construcción.

1.1 Especificaciones de diseño

Son las normas de diseño de carreteras establecidas para garantizar plenamente la seguridad y comodidad de los usuarios. En Guatemala, al igual que en otros países en vías de desarrollo, se tienen limitaciones impuestas por los recursos económicos reales, de tal manera que para no correr el riesgo de reglamentar proyectos irrealizables o que no se puedan ejecutar de acuerdo con las especificaciones, se han establecido categorías de caminos y se han fijado para cada una de ellas las especificaciones mínimas que se consideren convenientes, es decir, se da la oportunidad de ejecutar proyectos de carretera con diferentes orientaciones de acuerdo a su importancia y sin excluir la posibilidad de objetivos más ambiciosos cuando las condiciones lo permitan.

El cuadro No. 1 presenta algunos de los valores límites recomendados para las características geométricas de carreteras en estado final, basados en

las Especificaciones Para Carreteras y Puentes dictadas por la American Association Of State Highway And Transportation Officials (AASHTO), que sirven como norma para las especificaciones de varios países y como referencia para el diseño de carreteras. Dichos valores están definidos de acuerdo al tránsito promedio diario y por la topografía del terreno dentro de las categorías o tipos de carretera establecidas.

1.2 Especificaciones de construcción

1.2.1 Especificaciones generales

Son las normas generales y técnicas de construcción contenidas en el volumen “Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes”, edición septiembre de 2001, de la Dirección General de Caminos, comúnmente conocido como “El Libro Azul de Caminos”, las cuales rigen para cualquier actividad o concepto de obra no incluida en las Especificaciones Especiales.

1.2.2 Disposiciones especiales

Son el complemento de las especificaciones generales, adaptándolas a los requerimientos de una obra en particular. Contienen toda la información y requisitos específicos, así como las especificaciones técnicas que no aparezcan en las especificaciones generales, y los cambios, correcciones, ampliaciones o modificaciones a las mismas.

Cuadro 1. Características geométricas

T.P.D. de	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H)	ANCHO CALZADA (M.)	ANCHO DE TERRACERÍA CORTE (M.)	RELLENO (M.)	DERECHO DE VÍA (M.)	PENDIENTE		DISTANCIA VISIB. PARADA RECOMEND. (M.)	DISTANCIA VISIB. PASO RECOMEND. (M.)
							MÍNIMO (M.)	MÁXIMA (M.)		
3000 A	TIPO "A"		2 x 7.20	25	24	50				
	REGIONES									
	LLANAS	100					3	160	200	700
5000	ONDULADAS	80					4	110	150	520
	MONTAÑOSAS	80					5	70	100	350
	TIPO "B"		7.20	13	12	25				
1500 A	REGIONES									
	LLANAS	80					6	110	150	520
	ONDULADAS	60					7	70	100	350
3000	MONTAÑOSAS	40					8	40	50	180
	TIPO "C"		6.50	12	11	25				
	REGIONES									
900 A	LLANAS	80								
	ONDULADAS	60					6	110	150	520
	MONTAÑOSAS	40					7	70	100	350
1500	TIPO "D"		6.00	11	10	25				
	REGIONES									
	LLANAS	80					6	110	150	520
500 A	ONDULADAS	60					7	70	100	350
	MONTAÑOSAS	40					8	40	50	180
	TIPO "E"		5.50	9.5	8.5	25				
100 A	REGIONES									
	LLANAS	50								
	ONDULADAS	40					8	55	70	260
500 A	MONTAÑOSAS	30					9	40	50	180
	TIPO "F"		5.50	9.5	8.5	15				
	REGIONES									
10 A	LLANAS	40					10	40	50	180
	ONDULADAS	30					12	30	35	110
	MONTAÑOSAS	20					14	20	25	50

NOTAS:

- 1) T.P.D.: Promedio de Tránsito Diario
 - 2) La sección típica para carretera tipo "A", incluye isla central de 1.50 m. de ancho.
 - 3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la Tipo "A", en donde el ancho es doble.
 - 4) La calidad de la capa de recubrimiento de la calzada podrá ser para carreteras Tipo "A"; Hormigón, Concreto Asfáltico (frío o caliente) o Tratamiento Superficial Multiple; para Tipo "B" y "C" Concreto Asfáltico (frío o caliente) o Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "D"; Trat. Sup. Doble; para Tipo "E"; Trat. Superficial Simple y para Tipo "F"; recubrimiento de material selecto.
- Los recubrimientos para las carreteras, desde el Tipo "A" al "E", dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.

CARGA..... H - 15 - S - 12
 ALTURA LIBRE..... 4.75 m
 ANCHO RODADURA..... 7.90 m

ESFUERZOS UNITARIOS
 Concreto Clase "A" 3,000 # / ft²
 Acero de Refuerzo 18,000 # / ft²
 Acero Estructural 33,000 # / ft²

* Distancia de visibilidad de parada = Longitud mínima de curva vertical

Guatemala, marzo de 1989

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

1.2.3 Especificaciones especiales

Son las especificaciones técnicas de mantenimiento de carreteras contenidas en el volumen “Especificaciones Especiales” de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial -COVIAL- del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

Las “Especificaciones Especiales” contienen las especificaciones técnicas para actividades de mantenimiento contratadas por COVIAL, en base a precios unitarios y en base de estándares o niveles de servicio.

Cada año lectivo se edita un nuevo volumen de las especificaciones especiales, que contiene algunas variantes con respecto a las del año anterior, dependiendo de los alcances de los trabajos planificados en base al presupuesto, aunque no varían en esencia. No obstante, es recomendable que los contratistas obtengan una copia de dicho volumen para su análisis previo a la elaboración y presentación de ofertas para los proyectos a que hayan sido invitados a participar.

Cabe aquí mencionar que la rehabilitación de carreteras es una estrategia de mantenimiento.

APÉNDICE B

1. UTILIZACIÓN DE PIEDRA COMO ELEMENTO DE PAVIMENTACIÓN

En Guatemala, la piedra ha sido utilizada desde hace mucho tiempo como material de recubrimiento en plazas, terrazas, patios, banquetas, etc., para consolidar los mismos y evitar su deterioro y la proliferación vegetal que la precipitación pluvial ocasiona. Como prueba de ello tenemos las excavaciones de residencias del período clásico tardío (700-800 D.C) en la finca El Baúl de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, donde se puede apreciar claramente la utilización de banquetas de piedra.

Durante la colonia, con el surgimiento de poblados hispánicos se dio más formalmente la pavimentación de piedra, no sólo por tenerse el legado español, sino también porque la circulación de carruajes, carretas y caballos lo ameritaban. Como ejemplo tenemos la ciudad de Antigua Guatemala, en donde sus calles empedradas aún se conservan.

Ante la aparición de nuevos materiales y sistemas constructivos, el empedrado está siendo relegado a un tercer plano por las municipalidades y entidades encargadas de la construcción y mantenimiento de carreteras, no así por muchos finqueros que han visto en las rodaduras de piedra un medio para que sus caminos internos permanezcan en buen estado aun en suelos

arcillosos y en época de lluvia. Sin embargo, prevalecen las conveniencias de uso del pavimento de piedra entre las cuales tenemos las siguientes:

- 1) Rescate y preservación del entorno.
- 2) Utilización de mano de obra local ya que únicamente se requiere de un encargado y muchos albañiles y peones.
- 3) Uso de materiales locales. La piedra se obtiene de canteras o de ríos. La cal viva y arena amarilla son materiales fáciles de conseguir y su costo no es oneroso.
- 4) Bajo costo. Por constituir un material que no requiere fabricación, por su abundancia y relativa cercanía a los lugares requeridos, viene a representar un material cotizado a muy bajo costo comparado con otros utilizados para el mismo fin. La mano de obra utilizada en el empedrado también es relativamente barata por no requerir de mucha especialización.
- 5) Duración. Su resistencia a la rodadura está muy por encima del adoquín, concreto, asfalto, etc. La piedra es un elemento de los más nobles en lo que respecta a resistencia. La reparación de un empedrado cuando se dan hundimientos o “baches” es muy rápida y económica, ya que la reparación consiste en:
 - a) Quitar las piedras del sector asentado.
 - b) Consolidar y nivelar el sector con material selecto.
 - c) Colocar las mismas piedras en el sector reparado.

En la actualidad, dentro de las especificaciones técnicas para la construcción de carreteras de terracería de los “Fondos Sociales”, se requiere la construcción de tramos empedrados en pendientes longitudinales entre 12% y 16%. Por lo general, se construyen empedrados de bombeo lateral, donde las aguas pluviales corren en la cuneta, que debe ser revestida, o pegadas a un bordillo, según sea el caso, hasta desembocar en tragantes, canales de desfogue o en drenajes transversales.

Si por circunstancias específicas lo amerita, se construyen empedrados de bombeo central, que permiten el libre corrimiento del agua de lluvia por el centro de la carretera. Regularmente se utiliza este tipo de empedrado donde no se puede construir cajas receptoras laterales.

No necesariamente se construyen tramos empedrados en carreteras con pendientes longitudinales mayores a 12%. Hay otros factores que independientemente de la pendiente longitudinal requieren la construcción de este tipo de rodadura, por ejemplo, donde el suelo es arcilloso y llueve mucho.

1.1 Capa de revestimiento

La piedra a utilizar para la capa de revestimiento o rodamiento debe ser partida o de canto rodado, de buena calidad, limpia, dura, sana, durable, resistente a la intemperización, libre de segregaciones, fracturas, grietas u otros defectos estructurales. Debe conservarse libre de suciedad, aceite, mortero seco y otras sustancias que afecten su adhesión con el concreto.

Se recomienda descartar las piedras de tipo talcoso, calizas, porosas, volcánicas, graníticas, en forma de lajas (planas) y otras con estrías,

quebradizas o muy duras. Adicionalmente, las piedras deben cumplir con lo siguiente:

- a) Gravedad específica aparente, AASHTO T 85: 2.30 mínimo.
- b) Absorción, AASHTO T 85: 4.2% máximo.
- c) Índice de durabilidad (grueso), AASHTO T 210: 52 mínimo.

Este índice **es un valor** de la resistencia de la piedra al producir sedimento fino cuando se somete a métodos mecánicos de degradación. Si la sedimentación producida es cero ($H=0$), el índice de durabilidad tiene el valor máximo de cien (100). Si la sedimentación producida es la máxima de quince pulgadas ($H = 15$ pulgadas de altura), el índice de durabilidad tiene el valor mínimo de cero (0). El índice de durabilidad (grueso) se calcula al número entero más cercano por la fórmula siguiente:

$$D_c = 30.3 + 20.8 \text{ Cot } (0.29 + 0.15H)$$

donde:

D_c = Índice de durabilidad, y

H = Altura de sedimento en pulgadas contenido en un cilindro graduado después de reposar durante 20 minutos, luego que la muestra ha sido sometida a agitación mecánica utilizando en el proceso una solución de cloruro de calcio anhidro, glicerina, formaldehído y agua destilada o desmineralizada. El equipo, materiales, control, preparación de la muestra y procedimiento para obtener el índice de durabilidad, se describe detalladamente en la norma AASHTO T 210 – 72.

- d) Forma de las piedras:

- d.1) Piedra para “cintas” o “llaves”: su forma será de paralelepípedo, con sus caras planas sin salientes ni entrantes y perpendiculares entre sí, con las aristas rectas. La cara inferior puede ser ligeramente menor que la superior, teniendo una tolerancia máxima entre una y otra de 2 Cms.
- d.2) Piedras para relleno de “cajones”: su forma puede ser irregular, pero debe presentar una cara plana si constituye directamente la superficie de la capa superior de rodadura.
- e) Dimensiones: Las dimensiones y tamaños de la piedra para “cinta” y de relleno para “cajones”, estarán indicadas en el plano respectivo.

El diseño de un empedrado también contempla la construcción de elementos que proporcionen confinamiento.

1.2 Juntas de las piedras

En la superficie, la separación mínima entre las piedras debe ser de 1 Cm. y la máxima de 4 Cms. El mortero entre las piedras debe rasarse para que quede a nivel de la superficie de rodadura cuando la piedra quede vista.

1.3 Elementos constructivos

1.3.1 Bordillos

Deben ser de concreto que tenga una resistencia mínima a la compresión ($f'c$) de 175 Kg./Cm.2 a los 28 días, y con las dimensiones indicadas en los planos respectivos.

1.3.2 Cunetas revestidas

Deben ser de concreto de la misma calidad que la del bordillo o de piedra ligada con sabieta en proporción 1:3 y con las dimensiones indicadas en los planos respectivos. Se deben construir en lugares donde la pendiente longitudinal sea entre 12% y 16%. Si el suelo es altamente erosionable se deberán construir aun cuando la pendiente sea menor del 12%. Mayor información respecto a las cunetas revestidas se puede consultar en lo referente al tema contenido en la parte de ejecución física de la obra de este trabajo.

1.3.3 Piedra de cinta

Es la que colocada en hilera, constituye una cinta comúnmente llamada "llave" y que sirve tanto para nivelar el empedrado como para consolidarlo. No hay una regla fija de colocación de la misma, pero se conocen 3 formas que comúnmente son utilizadas: (1) Perpendicular, donde las cintas del empedrado son perpendiculares al eje central de la carretera; (2) Paralelo, donde las cintas son paralelas al eje central de la carretera; (3) Diagonal, donde las cintas son diagonales al eje central de la carretera, sin un ángulo determinado.

De las anteriores 3 formas básicas, surgen combinaciones de las mismas, donde lo estético y lo estructural funcionan.

La piedra cinta debe ser tallada en su cara superior procurando que sea plana. Sus dimensiones regulares son 15 centímetros de ancho, 20 centímetros de espesor y una longitud cualquiera.

1.3.4 Cajones (Empedrado)

Son los delimitados por las piedras cinta y constituidos por la piedra del empedrado propiamente dicho y el mortero de ligadura entre las mismas.

1.3.5 Rodadas para tránsito pesado

Son cintas de rodadura con piedras lisas o talladas, más anchas, que se colocan de forma preferencial para que por ellas transiten los vehículos. Son recomendables para prolongar la vida útil del empedrado.

1.3.6 Material balasto o material selecto

La base sobre la cual se construyen los empedrados, puede ser una capa de material balasto debidamente compactada, con un espesor entre 10 y 15 centímetros.

También se puede usar material selecto, aunque en muchos casos se prescinde de él por razones económicas. Su utilización se considera muy conveniente, ya que la mayoría de veces nos encontramos con suelos arcillosos los cuales deben aislarse de la capa de rodadura de piedra por sus reacciones ante la temperatura y la humedad.

Además, el material selecto permite una mayor compactación para recibir el empedrado y soportar la rodadura. El material selecto puede estar constituido por arena gruesa, amarilla o blanca, o talpetate, y el espesor recomendable de la capa compactada es de 10 centímetros.

1.4 Construcción del empedrado

Existen diversos sistemas constructivos de empedrado. A continuación se describirán los más utilizados. En este trabajo se les denominará como tipo 1, 2 y 3, lo cual no corresponde a clasificación alguna, sino que únicamente a manera de distinguirlos.

1.1.1 Empedrado tipo 1: con mortero de cemento, cal y arena amarilla o talpetate.

Consiste en la colocación de una base de piedra de espesor aproximado de 15 centímetros, ligada con mortero de cemento, cal y arena amarilla o talpetate en la proporción 1/10: 1: 3. Para un metro cúbico de mortero los materiales son los siguientes:

Cemento	1.15 sacos
Cal hidratada	11.50 sacos
Arena amarilla	1.00 M3
Agua	53.00 galones

Estando debidamente conformadas las secciones típicas de diseño y compactada la base de material selecto o balasto sobre la cual se construirá el empedrado, se procede de la siguiente manera:

- a) Si se va a utilizar bordillo, éste se debe construir primero con las dimensiones indicadas en planos. Si se va a construir cuneta revestida, deberá hacerse luego de la capa de rodadura de piedra.

- b) Se humedece uniformemente la superficie.
- c) Se colocan hilos a nivel para la colocación de las piedras “maestras”.
- d) Seguidamente se procede a colocar las piedras “maestras” en sentido paralelo y perpendicular al eje de la carretera conforme a los planos para formar las “llaves” en forma de cajones, ahogándolas en el mortero de ligadura ya descrito.
- e) Al ir terminando la construcción de los cajones, se procede a humedecer nuevamente el terreno, para que no se reseque el mortero.
- f) Se va tendiendo dentro de los cajones el mortero con un espesor de 5 centímetros conforme se van embutiendo (“ahogando”) las piedras, bien colocadas, hasta llenar los mismos. Se requiere de cierta técnica ya que al poner la piedra en los cajones, ésta debe quedar de 1.00 a 1.50 centímetros arriba del nivel de la piedra cinta, para luego con golpe de un “macho” (martillo) o mazo disminuirles esa diferencia y lograr un sólo nivel. Se busca que con el golpe que se le da a la piedra al sentarla, la mezcla suba por las juntas de las mismas.
- g) Se pasa la regla de “arrastre” para asegurarse que las piedras que rellenan el cajón queden niveladas a la altura de las “maestras”.
- h) Terminado lo anterior, se humedece nuevamente la superficie y se aplica mortero para llenar los pequeños vacíos que aún podría presentar la superficie.

- i) Utilizando agua y una brocha o esponja, se limpia la superficie de las piedras para que queden vistas.

La construcción de cunetas revestidas se realiza mediante proceso similar al descrito para el empedrado, con la diferencia que se deben hacer plantillas o “bastidores” con la geometría de la cuneta para colocarlos cada dos o tres metros y que sirvan de “arrastres”.

La unidad de medida es el número de metros cuadrados contenidos dentro de los límites laterales de los bordillos o de las cunetas revestidas según sea el caso, descontando cualquier área que no sea cubierta por el empedrado, por ejemplo, el área ocupada por tapaderas y losas de apoyo de pozos de visita.

El pago se calculará tomando en cuenta el precio unitario contenido en el contrato y el área anteriormente descrita, con aproximación de 1 decimal, del renglón de trabajo terminado y correctamente ejecutado.

El bordillo se pagará por metro lineal de acuerdo al precio unitario del contrato al igual que las cunetas revestidas.

1.1.2 Empedrado tipo 2: ligado con concreto clase 3000 (Resistencia 210 Kg/Cm²).

Consiste en la colocación de una base de piedra bola, ligada con concreto de resistencia 210 Kg/Cm².

Se procede de la misma forma que en el Empedrado tipo 1, con la diferencia que como medio de ligadura del empedrado se utiliza el concreto clase 3000. La ligadura de las piedras de cinta se hace utilizando mortero de

cemento y arena de río (sabieta) en proporción 1:3. También en este caso, la piedra queda vista.

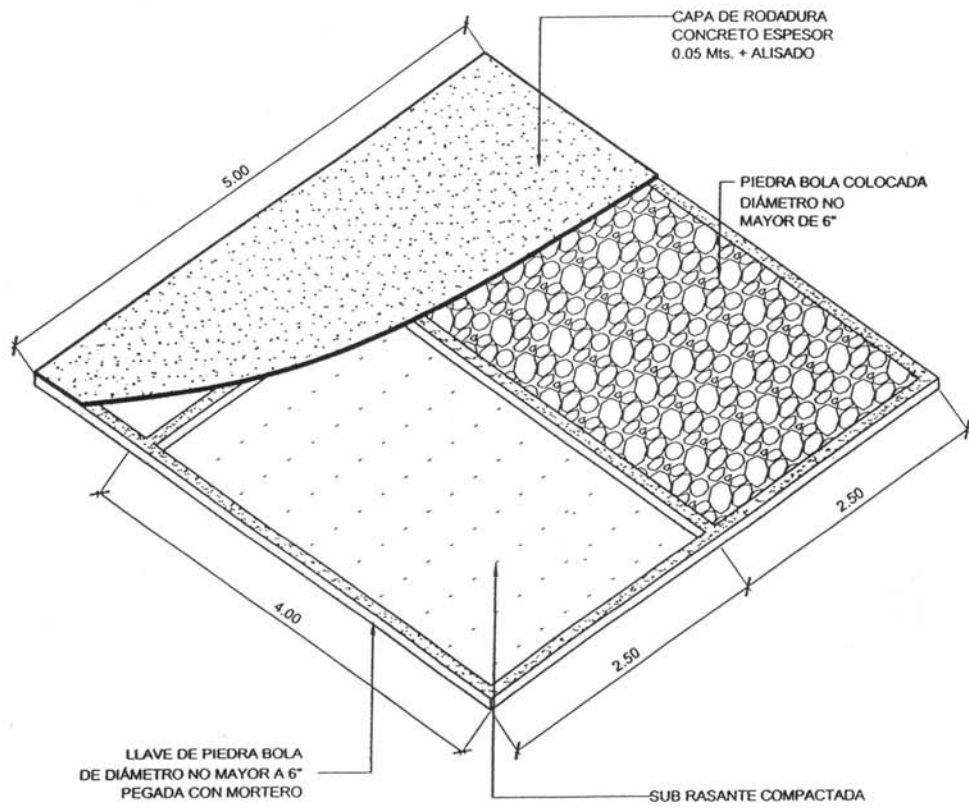
1.1.3 Empedrado tipo 3: ligado con concreto Clase 3000 (Resistencia 210 Kg/Cm²) y Capa de Afinamiento.

El proceso constructivo es igual al del empedrado tipo 2 con la diferencia que adicionalmente se coloca una capa de concreto que puede tener de 2 a 5 centímetros de espesor que servirá de afinamiento. Cuando el concreto haya endurecido suficientemente, se le da un acabado rústico por medio de escoba, escobillón, cepillo u otro aditamento, en sentido perpendicular al del eje central de la carretera, produciendo corrugaciones regulares no mayores a 0.5 centímetros de profundidad.

Deberá mantenerse húmeda la superficie por un período no menor de 7 días después de haber sido colocado el concreto (curado). En este caso la piedra no queda vista. Ver figura No. 1.

El tipo de empedrado que se utilice, será de acuerdo a los planos y especificaciones, disponibilidad de materiales locales y soporte económico con que cuente el proyecto.

Figura 1. Detalle de empedrado –sin escala–



Dimensiones en metros