

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL
PROYECTO ENLACE CA-1 ORIENTE CA-8, EL ZARZALITO-LOS HOYOS**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JOSÉ STUARDO PÉREZ CORONADO
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 1,999




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 tesis titulado:

METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO ENLACE CA-1 ORIENTE CA-8, EL ZARZALITO-LOS HOYOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil con fecha 23 de abril de 1,998.



JOSÉ STUARDO PÉREZ CORONADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL PRIMERO:	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL SEGUNDO:	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRIGUEZ
VOCAL TERCERO:	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIÉRREZ QUINTANA
VOCAL CUARTO:	BR. DIMAS ALFREDO CARRANZA BARRERA
VOCAL QUINTO:	BR. JOSÉ ENRIQUE LÓPEZ BARRIOS
SECRETARIA:	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR:	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ
EXAMINADOR:	ING. OSCAR HUMBERTO FLORES SANDOVAL
EXAMINADOR:	ING. HUGO LEONEL MONTENEGRO FRANCO
SECRETARIA:	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

Guatemala, 6 de noviembre de 1998

Ingeniero Augusto René Pérez Méndez
Jefe del Departamento de Transporte
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado ingeniero Pérez:

Habiendo revisado el trabajo de tesis titulado "METODOLOGIA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCION Y SUPERVISION DEL PROYECTO ENLACE CA-1 ORIENTE CA-8, EL ZARZALITO LOS HOYOS", del estudiante universitario José Stuardo Pérez Coronado, manifiesto a usted que dicho trabajo de tesis ha llenado los requisitos del programa dentro del cual se efectuó y por la importancia de su aplicación en nuestro país, la doy por aprobada.

Sin otro particular me suscribo, atentamente,

Ingeniero Edgardo Rolando Zapón Ordoñez
Asesor





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 27 de enero de 1999

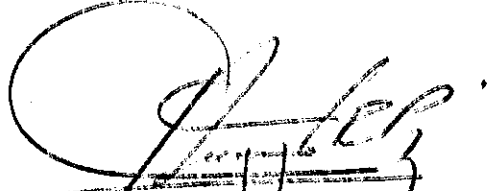
Ingeniero
Sidney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de
Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he revisado el trabajo de tesis titulado "METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO ENLACE CA-1 ORIENTE CA-8, EL ZARZALITO LOS HOYOS", desarrollado por el estudiante José Stuardo Pérez Coronado, quien contó con la asesoría del ingeniero Edgar Rolando Sapón Ordoñez.

Considerando que el trabajo en mención fue realizado de acuerdo a los requisitos exigidos y es de utilidad para el ejercicio profesional, permito recomendar la aprobación correspondiente.

Atentamente,



Ing. Agustín René Pérez Méndez
Jefe del Departamento de Transporte
Escuela de Ingeniería Civil



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Edgar Polando Sapón Ordóñez y del Jefe del Departamento de Transporte Ing. Augusto René Pérez Méndez, del trabajo de tesis del estudiante José Stuardo Pérez Coronado, titulado METODOLOGIA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCION Y SUPERVISION DEL PROYECTO ENLACE CA-1 ORIENTE CA-9, EL ZARZALITO-LOS HOYOS, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuel Hillman



Guatemala, marzo de 1,999



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis METODOLOGIA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCION Y SUPERVISION DEL PROYECTO ENLACE CA-1 ORIENTE CA-9, EL ZAPCALITO-LOS NOVOS, del estudiante José Stuardo Pérez Coronado, proceda a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO



Guatemala, marzo de 1, 1999

AGRADECIMIENTO

A DIOS: Por estar siempre a mi lado y permitir que este sueño se hiciera realidad.

AL ING. EDGAR ROLANDO SAPÓN: Por su amistad incondicional y por los conocimientos que me ha brindado.

ACTO QUE DEDICO A:

MI MADRE:

MARÍA TERESA CORONADO
Por el apoyo, comprensión y paciencia
que siempre me ha brindado.

MI PADRE:

ABRAHAM PÉREZ LUARCA

MIS ABUELOS:

OSCAR ROBERTO CORONADO
MARÍA MARTA ÁVILA (+)
Por los principios que desde pequeño
me inculcaron.

MIS HERMANOS:

MIRNA, KAREN, LESLIE Y ROLANDO
Por su paciencia.

MI NOVIA:

MARISOL ARRIVILLAGA.

MIS AMIGOS:

ERICK, JOSÉ, CRISTIAN Y MAURICIO
Por la amistad que nos une.

MIS COMPAÑEROS:

MACO, MÓNICA, ANA Y RICARDO.

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

ÍNDICE GENERAL

	Página
GLOSARIO	i
INTRODUCCIÓN	ii
CAPÍTULO I: DERECHO DE VÍA	1
1.1. Derecho de vía	1
CAPÍTULO II: TERRACERÍA	4
2.1. Retiro de casas o edificios	4
2.2. Limpia, chapeo y destronque	4
2.3. Excavación no clasificada	5
2.4. Excavación no clasificada de material de desperdicio	8
2.5. Excavación no clasificada para préstamo	8
2.6. Excavación en roca material de desperdicio	8
2.7. Remoción de material inapropiado	9
2.8. Excavación de contracunetas	9
2.9. Remoción y prevención de derrumbes	9
2.10. Excavación de canales	10
2.11. Excavación de canales en la entrada y salida de alcantarillas	12
2.12. Excavación estructural para la cimentación de cajas y cabezales de alcantarillas	12
2.13. Excavación estructural para alcantarillas	12
2.14. Excavación estructural para sub-drenaje	13
2.15. Relleno estructural	13
2.16. Sobre-acarreo	15
2.17. Acarreo	15
CAPÍTULO III: DRENAJE	16
3.1. Cálculo de diámetro de tuberías, con área de descarga	16
3.2. Diseño de tuberías con cota invert	17
3.3. Tubería abovedada	24
CAPÍTULO IV: RENGLONES VARIOS	26
4.1. Tubería perforada de concreto simple para sub-drenaje	26
4.2. Agregado fino para filtro de sub-drenaje	26
4.3. Agregado grueso para filtro de sub-drenaje	27
4.4. Cajas y cabezales de alcantarillas de concreto ciclópeo	29
4.5. Cunetas de concreto simple fundido en sitio	34
4.6. Defensas metálicas	35
4.7. Cercas	36



	Página
CAPÍTULO V: PAVIMENTOS	37
5.1. Reacondicionamiento de sub-rasante	37
5.2. Capa de sub-base	38
5.3. Capa de base y hombros con material triturado	43
5.4. Riego de imprimación	49
5.5. Concreto asfáltico en caliente	52
5.6. Riego de liga entre capa de base y rodadura	59
CONCLUSIONES	iii
RECOMENDACIONES	iv
BIBLIOGRAFÍA	v
ANEXO	

GLOSARIO

CARRETERA: vía de tránsito público construída dentro de los límites del derecho de vía.

CONTRATISTA: es la persona individual o jurídica con quien el gobierno celebra contrato para la ejecución de una obra.

DELEGADO RESIDENTE: es el ingeniero civil, colegiado activo, que representa a la Dirección General de Caminos en la obra para la que hubiese sido asignado y que tiene a su cargo la supervisión de la obra.

ESPECIFICACIONES: normas generales y técnicas de construcción establecidas por la Dirección General de Caminos

RASANTE: es el perfil del eje longitudinal de la carretera en la superficie de rodadura.

SUPERINTENDENTE: es el jefe ejecutivo del contratista, quien dirige la obra, poseyendo plena autoridad para actuar como su representante autorizado con relación al trabajo.

INTRODUCCIÓN

El proyecto Enlace CA-1 oriente CA-8, El Zarzalito-Los Hoyos, se encuentra ubicado en el departamento de Jutiapa, sobre los municipios de Quesada y Jalpatagua. Se sitúa a la altura del kilómetro 100 sobre la carretera CA-1 oriente y en el kilómetro 97 sobre la carretera CA-8 oriente.

El presente trabajo de tesis muestra las actividades que se llevan a cabo para la construcción y supervisión de una carretera, así como los múltiples problemas con sus respectivas soluciones que dentro de ésta se presentan, tomando en cuenta la experiencia del personal con conocimientos empíricos como lo son los topógrafos, laboratoristas y calculistas que bajo el mando de un profesional de la ingeniería forman un gran equipo.

Esta tesis pretende ser una guía o documento de apoyo para cualquier persona que se inicie dentro del campo de carreteras. Además incluye los conceptos, normas y precauciones a seguir en cada una de las operaciones, que tanto contratista como supervisor deben conocer.

Las soluciones para cada uno de los problemas se basaron en aspectos muy importantes como lo son el factor tiempo, costo, seguridad y sobre todo que se cumplieran con las especificaciones. Dichas soluciones no son las únicas, pero para el proyecto El Zarzalito-Los Hoyos fueron las que mejor se adecuaron.

CAPÍTULO I

DERECHO DE VÍA

1.1. DERECHO DE VÍA

Es el área o superficie de terreno, propiedad del estado, destinada al uso de una carretera o camino, con zonas adyacentes utilizadas para todas las instalaciones y obras complementarias y delimitada a ambos lados por linderos de las propiedades colindantes. El derecho de vía deberá ser suministrado, por parte del gobierno, al contratista sin costo alguno.

ASPECTOS A CONSIDERAR

Todos los terrenos ocupados por las vías públicas deberán ser propiedad del estado, éstos estarán perfectamente delimitados por cercas de alambre espigado u otros materiales. Para efecto de la seguridad de los usuarios y de la infraestructura vial, no se permitirá dentro del derecho de vía lo siguiente:

- a) Ganado vacuno, porcino, caballar o de otra clase ambulando.
- b) Botar basura, escombros, agua o materiales de desecho.
- c) Abandonar cualquier clase de vehículo o partes de los mismos.
- d) Depositar materiales de construcción, a menos que éstos se utilicen para construir o reparar las carreteras o caminos.
- e) Instalar aparatos mecánicos para diversión y ventas de golosinas u otra clase de artículos.
- f) Instalar cualquier clase de rótulos comerciales o de propaganda política.

En la figura No.1 se indican las formas más comunes que pueden presentar las secciones transversales del derecho de vía.

DERECHO DE VÍA SEGÚN LA CLASE DE CAMINO

Según la Dirección General de Caminos, cada clase de camino posee un derecho de vía ya establecido como se muestra a continuación:

CLASE DE CAMINO	DERECHO DE VÍA
- Carreteras Nacionales	25 mts. o más (autopista)
- Carreteras Departamentales	20 mts.
- Carreteras Municipales	15 mts.
- Caminos de Herradura	06 mts.

Dentro de ese derecho de vía se construirán los caminos con la anchura que la intensidad del tránsito requiera.

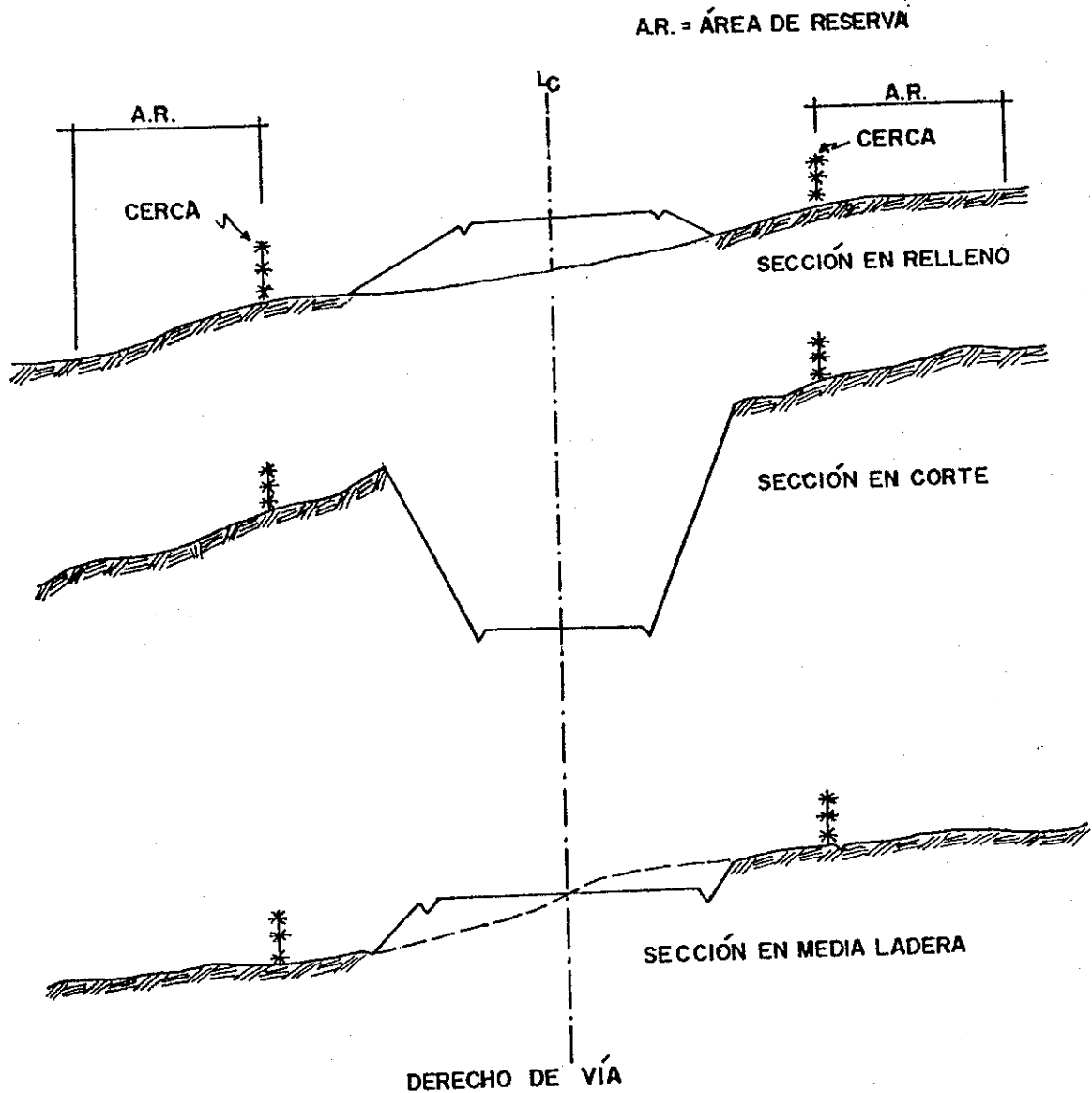


Figura 1

APLICACIÓN

Dentro del diseño original de la carretera se encontró que ésta atravesaba la finca "El Rosario", propiedad de General Mauricio Izquierdo, afectando el área cultivable más importante de la finca. Dicha área poseía siembra de café y cantidad considerable de nacimientos de agua. El propietario se oponía rotundamente a que se llevara a cabo el diseño original, expresando que estaría dispuesto a llegar a un acuerdo con las siguientes condiciones:

1. Que antes de entrar a su propiedad se le cancele el valor del área afectada incluyendo las siembras.
2. O que se acepte la línea propuesta por él, la cual pasa por la parte no productiva de la finca, siempre y cuando se le cancele el valor de la tierra.

El delegado residente consideró la condición No.2 e hizo los estudios topográficos correspondientes, analizando pendientes, grado de curvatura, longitud y tipos de suelos. Llegó a la conclusión de que era factible dicha propuesta, para lo cual expuso al propietario dos caminos a seguir.

1. Que demandara al Estado por el valor de la tierra sometiendo al procedimiento legal que conlleva dicho proceso.
2. Que donara la tierra afectada con las siguientes condiciones.
 - a) Que se respete el trazo propuesto por el propietario.
 - b) Que los caminos internos de la finca queden comunicados con la carretera.
 - c) Colocar las alcantarillas necesarias de tal modo que no se afecte el comportamiento hidrológico de las cuencas.
 - d) Que a lo largo del área afectada se construya una cerca con postes de concreto a cada 50 metros.
 - e) Que se arregle el acceso a la finca y que se imprime dicho acceso.

El propietario aceptó la segunda propuesta que le planteo el Delegado Residente.

CAPÍTULO II

TERRACERÍA

2.1. RETIRO DE CASAS O EDIFICIOS

El contratista debe retirar y disponer de las casas o edificios, incluyendo cimientos, equipo, artefactos, muebles, enseres y otros bienes, como se indique en los planos o en las disposiciones especiales.

Las excavaciones que queden como resultado del retiro de los cimientos o de la estructura, deben llenarse hasta el nivel del terreno circundante y si éstas están dentro de los límites del terraplén o debajo de la sub - rasante, el relleno debe compactarse de acuerdo a los requisitos aplicables, es decir, a especificaciones.

Cuando por una u otra razón se hace imposible el retiro de casas o edificios se podría pensar en un cambio de línea, es decir, cambiar el rumbo del proyecto. No se debe olvidar que al realizar dicho cambio el proyecto puede incrementar o acortar su longitud, es importante analizar las dos opciones anteriores, ya que los costos de operación podrían disminuir o aumentar, según la topografía del terreno.

APLICACIÓN

En el proyecto se dieron solamente dos casos:

1. El traslado de una caseta que se encontraba en donde estaba contemplada la construcción de un paso a nivel. El delegado residente hablo con la dueña de la caseta, la cual accedió a trasladarse a otro sector cercano, siempre y cuando se le trasladasen sus pertenencias.
2. El movimiento de cerco, portón y caseta de la Institución de Comercialización agrícola (INDECA). Esto se hizo al nivel del ministerio de Comunicaciones, Transporte, Obras Públicas y Vivienda de la sección de derecho de vía de la Dirección General de Caminos D.G.C.

2.2. LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE

Se llama limpia chapeo y destronque a la operación de cortar todo el exceso que dentro del derecho de vía haya crecido espontáneamente o haya sido sembrado y cultivado en los hombros y taludes. Esto último con el objeto de protegerlos de la erosión producida por agentes atmosféricos.

Es importante que la vegetación tanto en los hombros como en los taludes se mantenga a una altura razonablemente baja, que permita:

- a) La máxima visibilidad de la vía y de las señales de tránsito.
- b) El escurrimiento de las aguas superficiales.
- c) Una mejora en el panorama de la vía para evitar tensiones en los usuarios.

Es recomendable que como mínimo se realicen en todas las carreteras dos limpiezas y chapeos al año, al inicio y al final del invierno.

El delegado residente puede asignar los límites del área del derecho de vía que deba ser limpiada, capeada y destroncada. El contratista también debe efectuar la limpieza y chapeo que sea necesario, antes de entregar la obra según lo dicta el contrato.

Las operaciones de limpieza, chapeo y destronque, se deben efectuar previamente a la iniciación de los trabajos de terracería. En cuanto dichas operaciones lo permitan y antes de disturbar la capa vegetal con maquinaria, deben levantarse las secciones transversales del terreno original, las cuales servirán para el cálculo del volumen de la capa vegetal y del movimiento de tierra.

El volumen de la capa vegetal, que sea removido al efectuar las operaciones de limpieza, chapeo y destronque, no debe ser incluido dentro de este renglón, por consiguiente se incluirá en el renglón de Excavación no clasificada de material de desperdicio

PAGO

Este se debe hacer por el número de hectáreas medidas horizontalmente, al precio unitario que se indique en el contrato.

Por la limpieza y chapeo que el contratista debe efectuar al principiar y al terminar los trabajos, se le pagará únicamente por la primera de dichas operaciones.

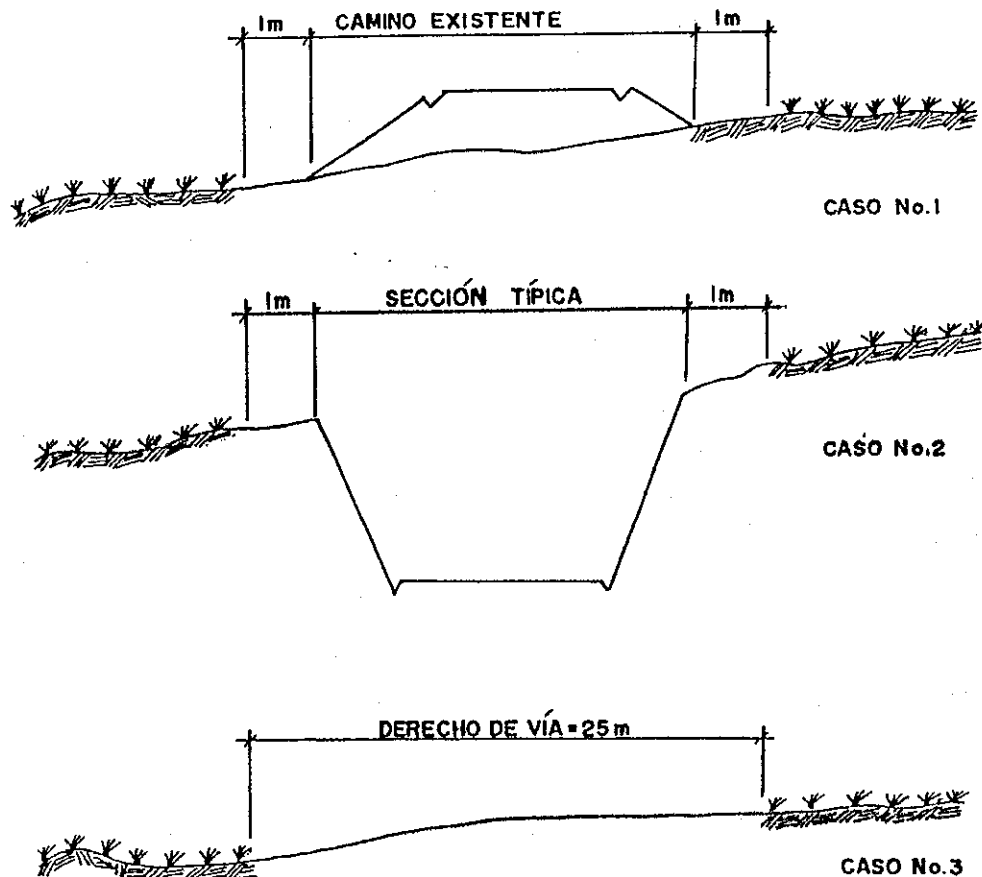
APLICACIÓN

En el proyecto El Zarzalito - Los Hoyos se presentaron tres clases de limpieza y chapeo según las necesidades de cada tramo, a continuación se muestran los tres casos:

- 1) En este caso ya existía un camino, entonces se ordenó la limpieza de la orilla del camino existente a la orilla del talud más un metro. Esto para ambos lados. Caso No. 1 (fig No. 2).
- 2) En este caso se decidió darle el ancho de la sección típica más 1 m de cada lado. Esto se hizo con el fin de economizar recursos monetarios y afectar en lo mínimo a gente de escasos recursos. Caso No. 2 (fig No. 2).
- 3) En este caso se decidió limpiar y chapear la longitud del derecho de vía, con el propósito de poder ampliar la carretera en un futuro ya que se habían concedido 25 metros de derecho de vía. Caso No. 3 (fig No. 2).

2.3. EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA (ENC)

Comprende el corte o sea la operación de excavar material dentro de los límites de construcción para utilizarlo en la construcción de terraplenes dentro de dichos límites u otras partes de la obra; incluyendo cunetas y prolongación de las mismas para el drenaje adecuado de la carretera, contracunetas, sobre - excavaciones cuando éstas sean atribuibles a causas no imputables al contratista, excavaciones fuera de la sección típica, únicamente cuando éstas hayan sido autorizadas por escrito por el delegado residente.



DERECHO DE VÍA OTORGADO
 FIGURA 2

Todas las excavaciones deben efectuarse de tal forma que drenen apropiadamente el agua para evitar que ésta se estanque. Durante la construcción pueden ampliarse los cortes y variarse la pendiente de los taludes, si las necesidades del trabajo o la estabilidad del material así lo requiera, o si es necesario garantizar la obtención de material adicional, siempre que específicamente lo autorice por escrito el delegado residente.

En el proyecto se necesitaba material para utilizarse en unos terraplenes, pero los bancos de material se encontraban muy retirados del lugar en donde se utilizaría, el delegado residente autorizó que se empleara el material que se estaba cortando en los taludes, en los cuales se estaban haciendo rampas con el fin de prevenir derrumbes. Este material fue autorizado para utilizarse ya que se encontraba dentro de las especificaciones.

La medida del material obtenido de los distintos cortes se debe hacer del número de metros cúbicos, medidos en su posición original, por medio de secciones transversales, levantadas a cada 20 metros, o a menor distancia cuando cambie bruscamente la pendiente del terreno o se trate de derrumbes, usando para el cálculo de volumen el método de promedio de áreas extremas otro que sea aceptable para ambas partes y sea aprobado por el delegado residente.

El método del promedio de áreas extremas consiste en los siguiente:

1. Se lleva a cabo el cálculo de áreas para cada sección
2. Se procede a hacer un cuadro como el que se muestra a continuación:

ESTACIÓN	ÁREA (m ²)	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m ³)
110+020	30.18		
+040	20.53	20.00	507.10
+060	26.78	20.00	473.10
+080	41.03	20.00	678.1
+100	34.12	20.00	751.5
+120	30.80	20.00	649.2
			3,059.00
	A	B	C

TABLA 1. MÉTODO DEL PROMEDIO DE ÁREAS EXTREMAS

Se coloca el área respectiva a cada estación

La distancia, en este caso, es de 20 mts entre cada sección

Para calcular el volumen se procede a hacer un promedio entre la primera y la última área : $A_p = (A_1 + A_n) / 2 = (30.18 + 30.80) / 2 = 30.49$

Luego se procede a sumar dicho promedio con el resto de las áreas:

$$A_t = A_p + A_2 + \dots + A_{n-1} \quad A_t = 30.49 + 20.53 + 26.78 + 41.03 + 34.12 = 152.95$$

Por último se multiplica el área total (A_t) con la distancia entre cada sección (en este caso distancia = 20 mts.).

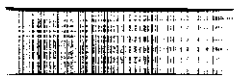
$$V_{total} = A_t * distancia = 152.95 * 20 = 3,059 \text{ m}^3.$$

PAGO

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indicó anteriormente al precio unitario de contrato correspondiente a los renglones ENC consignados en los documentos de oferta.

APLICACIÓN

En la excavación no clasificada se presentó una variante ya que según los planos originales, existía ENC en ciertos tramos del proyecto. Al llegar a dichos tramos se encontró que el material existente estaba saturado de agua, se trato de mejorarlo tendiéndolo ante el sol, pero como no presentó mejora alguna se tuvo que desecharlo. Esto implicó que se incrementaran los renglones de excavación no clasificada para desperdicio, excavación no clasificada para préstamo, lo cual a su vez incrementó el renglón de acarreo, ya que el material de préstamo se debía obtener de un banco de material.



2.4. EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE DESPERDICIO (ENCD)

Comprende el desperdicio o sea el material proveniente del corte, de acuerdo con los planos constituye sobrante o que sea inapropiado para la construcción de la obra; el de la capa vegetal, materiales excavados en bancos de préstamo que sean inapropiados; la remoción de derrumbes existentes o cuando se deban a causas no imputables al contratista; excavaciones ordenadas por el delegado residente para la prevención de derrumbes y el proveniente de vaciados de material inapropiado, ordenados por escrito por el delegado residente.

Todo material de desperdicio debe depositarse en tal forma, que no obstruya los canales de entrada y salida de las tuberías colocadas o de las que deban colocarse, ni cubran las áreas donde se construirán las cimentaciones de la estructura.

2.5. EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA PRÉSTAMO (ENCP)

Ésta comprende el material que se excave en bancos de préstamo para utilizarlo en la construcción de terraplenes, dentro de los límites de construcción u otras partes de la obra. Se debe recurrir a préstamo, solamente cuando esté indicado en planos y/o disposiciones especiales o lo autorice el delegado residente. El contratista debe seleccionar las áreas de préstamo, las que al obtener la aprobación de delegado residente, deben ser adquiridas por el gobierno. Las áreas de préstamo deben ser limpiadas, chapeada y destroncadas, antes de iniciar la excavación. El material de préstamo debe ser medido en la misma forma que la ENC y pagado al precio unitario de contrato correspondiente al renglón ENCP. El contratista debe notificar al delegado residente, con suficiente anticipación, acerca de la necesidad de efectuar cualquier excavación de préstamo, a efecto de permitir la medida exacta del banco de préstamo, puesto que no se pagará ningún material excavado, antes de que se hayan tomado dichas medidas.

2.6. EXCAVACIÓN EN ROCA DE MATERIAL DE DESPERDICIO

Todo material rocoso incluyendo piedras grandes que se encuentren en el lecho del camino, debe ser excavado como sigue: transversalmente, hasta los límites laterales del citado lecho mostrados en los planos; y a una profundidad por lo menos de 30 centímetros de la sub-rasante. El vaciado ocasionado por la excavación, debe rellenarse hasta el nivel de la sub-rasante con material de igual calidad al de ésta, que sea aprobado por el delegado residente.

Al dinamitarse la roca para formar los taludes, debe dejarse una superficie razonablemente uniforme, removiéndose inmediatamente todas las rocas sueltas.

APLICACIÓN

Este renglón es muy delicado ya que al encontrar roca dentro de la línea de la carretera, los costos de operación se incrementan en gran medida debido a que la roca tiene que ser dinamitada.

En la línea de la carretera se encontró un manto rocoso, se analizó la posibilidad de evadirlo por medio de un cambio de línea tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Solicitar el derecho de vía
- b) Observar si la longitud del proyecto se incrementaría
- c) Asegurarse si el talud se podría detener con el terreno natural
- d) Verificar que el diseño se apegará a especificaciones.

Después de analizar los aspectos anteriores, el delegado residente ordenó que se efectuara el cambio de línea ya que éste cumplía con lo anteriormente mencionado.

2.7. REMOCIÓN DE MATERIAL INAPROPIADO (RMI)

Son materiales inapropiados para la construcción de terraplenes y sub - rasantes, los siguientes:

Los correspondientes a la capa vegetal.

Los clasificados en el grupo A-8 AASHTO M 145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por material vegetal parcialmente carbonizada o fogosas. Su clasificación es basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz No. 200, del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tiene una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente comprensibles y tienen baja resistencia.

Cuando dentro de los límites de la carretera se encuentran materiales en mal estado, el contratista debe excavar tal material, por lo menos a 30 cms, debajo de la cota de la sub-rasante o al ser debidamente conformado y compactado. El material inapropiado debe ser retirado por el contratista y depositarlo donde indique el delegado residente. La medida del material inapropiado será en metros cúbico y se calcula de la misma forma que la ENC y se pagará el precio consignado en los documentos de oferta.

2.8. EXCAVACIÓN DE CONTRACUNETAS

CONTRACUNETAS

Son canales que se construyen en uno o ambos lados de la carretera, paralelamente a ella y fuera de los límites de construcción, con el objeto de drenar el agua de lluvia que cae sobre las áreas contiguas a dichos límites (fig No. 3). La excavación de la contracunetas en la parte superior de los taludes de corte, debe efectuarse donde los indique el delegado residente. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos por el método de promedio de áreas extremas y será pagado al precio unitario de contrato correspondiente a dicho renglón.

2.9. REMOCIÓN Y PREVENCIÓN DE DERRUMBES

De acuerdo con el tipo de los derrumbes, así será el procedimiento para prevenirlos. En general puede decirse que hay dos tipos de derrumbes: los previsibles y los no previsibles. Para los primeros se recomienda que el mantenimiento de los taludes se lleve a cabo periódicamente para evitar daños mayores y para los segundos se pueden efectuar los siguientes trabajos:

Cuando el talud se desploma pero el material no es deleznable, es aconsejable cortarlo o tallarlo con un ángulo de reposo mayor que el original, eliminando la concavidad dejada por el derrumbe. Cuando el derrumbe proviene de un talud alto o bajo pero de material deleznable, el trabajo, ya sea realizado a mano o con maquinaria debe hacerse construyendo terrazas pequeñas (fig No. 4); éstas serán más pequeñas y la nueva línea de talud más inclinada, será más inclinada, entre más deleznable sea el material y mayor altura tenga el talud.

Aunque existen varios procedimientos para la conservación de taludes se recomienda la construcción de terrazas, porque además de proveer estabilidad presentan otras ventajas, como:

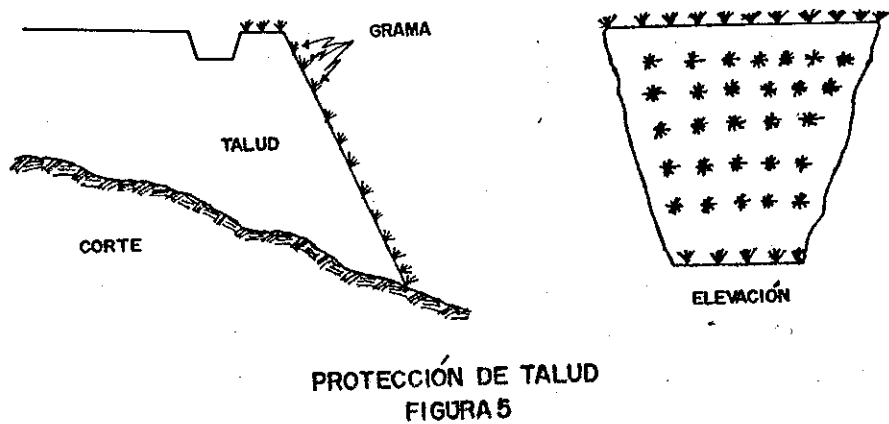
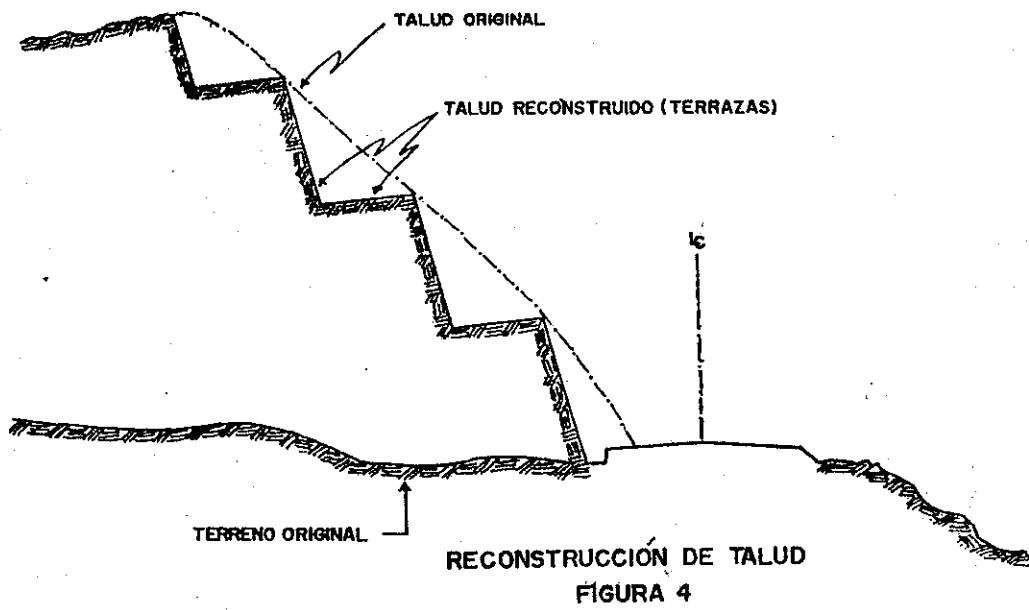
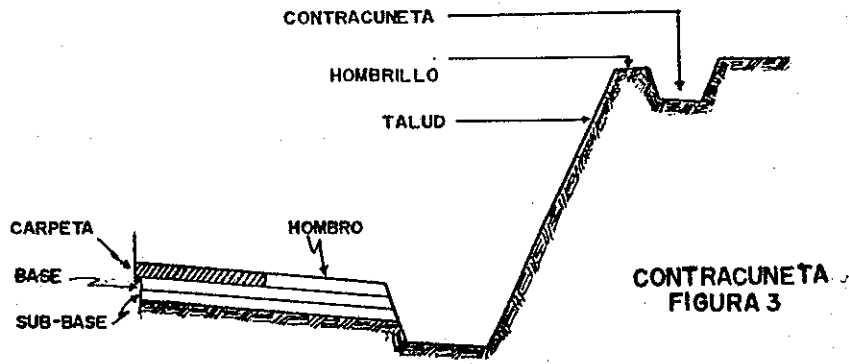
Los nuevos derrumbes caerán en el piso de las terrazas sin alcanzar la plataforma del camino; en el caso esto último sucediera, probablemente sólo será una parte de su volumen lo que facilitará un retiro más rápido.

En aquellos taludes de corte donde para su estabilidad es necesario construir terrazas relativamente grandes, se recomienda proceder de la siguiente manera: las terrazas se construirán siguiendo planos horizontales longitudinalmente con pequeñas inclinaciones en sentido transversal que permitan un escurrimiento lento de agua. El piso de la terraza debe ser inclinado para que el agua en vez de correr en la cara del talud erosionándolo, escurra hacia el fondo. El piso debe protegerse, ya sea con piedra, grama o fondo del mismo con vegetación apropiada, con caña japonesa o caña brava (caña similar a la caña de azúcar). En las caras puede sembrarse grama rastrera (figura No. 5).

Este procedimiento se recomienda por ser rápido y económico. Después de construidas las terrazas en los taludes de cortes, es necesario protegerlas construyendo en la parte superior y a una distancia no menor de cinco metros del borde, una contracuneta ya que ésta evita que el agua de las laderas corra en el plano de los taludes.

2.10. EXCAVACIONES DE CANALES

Este trabajo consiste en la excavación, remoción, utilización o acondicionamiento de los materiales, para ampliar, profundizar o rectificar canales existentes o construir canales nuevos. La excavación debe efectuarse de conformidad con el alineamiento, pendientes, dimensiones y detalles mostrados en los planos o según lo requiera por escrito el delegado residente. Ningún material excavado de cualquier canal, debe ser depositado o dejado a una distancia menor de un metro a partir del borde del mismo, a menos que los autorice por escrito el delegado residente. La medida de estos canales se debe hacer del número de metros cúbicos de excavación medidos en su posición original por medio de secciones transversales, usando el método de promedio de áreas extremas, cubicando el canal excavado tomando en cuenta su longitud profundidad y ancho. Los volúmenes incluirán: sobre- excavaciones, cuando éstas no se deban a descuido del contratista, aumentos autorizados por el delegado residente, fuera de las líneas de pago mostradas en los planos y la excavación autorizada por el delegado residente, de roca y partes esponjosas, debajo de las cotas del fondo del canal. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indicó anteriormente, al precio unitario del contrato.



2.11. EXCAVACIÓN DE CANALES EN LA ENTRADA Y SALIDA DE ALCANTARILLAS

Estos canales o zanjas como se les llama comúnmente, se utilizan para darle cauce a las aguas. En la entrada de alguna alcantarilla, la función del canal será llevar las aguas provenientes de un nacimiento o una ladera hacia la caja o cabezal de entrada de la alcantarilla. Un canal en la salida de una alcantarilla se hace necesario cuando se desea alejar dicha agua lo suficientemente lejos para que ésta no afecte a la carretera. Tal es el caso en el que desee protegerse algún talud de la erosión que pueda provocar el agua que proviene de una alcantarilla.

2.12. EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA LA CIMENTACIÓN DE CAJAS Y CABEZALES DE ALCANTARILLAS

Los lugares para cimentaciones deben excavarse conforme las líneas de pago mostradas en los planos. Cuando la cimentación tenga que asentarse a una superficie excavada que no sea roca, debe tenerse especial cuidado en no disturbar el fondo de la excavación; y la remoción final del material de la excavación hasta la cota indicada, debe hacerse hasta que esté por colocarse el cemento.

Cuando se encuentre un fondo rocoso, la excavación se debe efectuar en tal forma que la roca sólida quede expuesta y preparada en lechos horizontales o dentados para recibir el concreto. Deben ser removidos toda la roca suelta o desintegrada, así como los estratos delgados. Las grietas y cavidades que queden expuestas, deben ser limpiadas y rellenadas con concreto o mortero. El concreto utilizado para este propósito debe agregarse al volumen de concreto de los cimientos.

Cuando se encuentra roca en las excavaciones para cimentaciones de cabezales de concreto o mampostería para alcantarillas y las rocas sean de tal calidad que eviten la erosión, podrá eliminarse la parte del muro debajo de la superficie del estrato rocoso, con la autorización escrita del delegado residente.

2.13. EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS

La excavación estructural para alcantarillas debe efectuarse de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los planos respectivos e instrucciones escritas del delegado residente. Cuando se vaya a colocar una alcantarilla debajo de la línea de terreno original, se debe excavar una zanja, a la profundidad requerida, conformándose el fondo de la misma, de manera que se asegure un lecho firme en toda la longitud de la alcantarilla. El ancho de la zanja debe ser el mínimo que permita trabajar con libertad a los lados de la alcantarillas y para la compactación completa del relleno y alrededor de la misma. Las líneas de pago son planos verticales que se extienden desde el fondo de la cimentación de la alcantarilla, hasta la superficie del terreno original o a la parte superior de la sección típica de la sub-rasante, tomando como base la más baja de cualquiera de las dos, como se muestra en los planos. En caso que no se indique en los planos o en las disposiciones especiales, las líneas de pago serán las siguientes:

Para alcantarillas de 36 pulgadas nominales o menores, o de un diámetro equivalente, los planos verticales estarán situados a 30 cms. fuera de la proyección horizontal exterior de la alcantarilla y paralelos a la misma a 30 cms. afuera de los extremos.



Para alcantarillas mayores de 36 pulgadas nominales o su diámetro equivalente, los planos verticales estarán situados fuera de la proyección horizontal de la superficie exterior de la alcantarilla a una distancia igual a 1/3 del diámetro nominal y paralelos a la misma, con un máximo de 50 cms. fuera de los extremos.

Al efectuarse la excavación, el fondo de la zanja debe ser conformado de tal manera que por lo menos el 10% de la altura total o del diámetro exterior de la alcantarilla, quede en contacto con la zanja. Cuando se encuentre la roca, ya sea en estratos en forma suelta o cualquier otro material que no permita, por su dureza, conformar un lecho apropiado para colocar la tubería, este material debe ser removido hasta más abajo de la cota de cimentación y reemplazarse por una cama de arena u otro material compactado, que tenga un espeso mínimo de 30 cms. Cuando debido a la presencia de materiales suaves, esponjosos o inestables no se encuentre una base firme para la cimentación de la alcantarilla, estos materiales se deben remover en un ancho igual al de la excavación de que se trate y se debe rellenar con grava u otro material apropiado, debidamente compactado, para obtener un lecho adecuado, salvo que se indiquen otros métodos en los planos. La profundidad de la sobre - excavación indicada será determinada por el delegado residente. La sobre - excavación que se lleve a cabo se pagará como excavación estructural para alcantarillas. La alcantarilla debe colocarse hasta que el lecho de cimentación haya sido aprobado por el delegado residente.

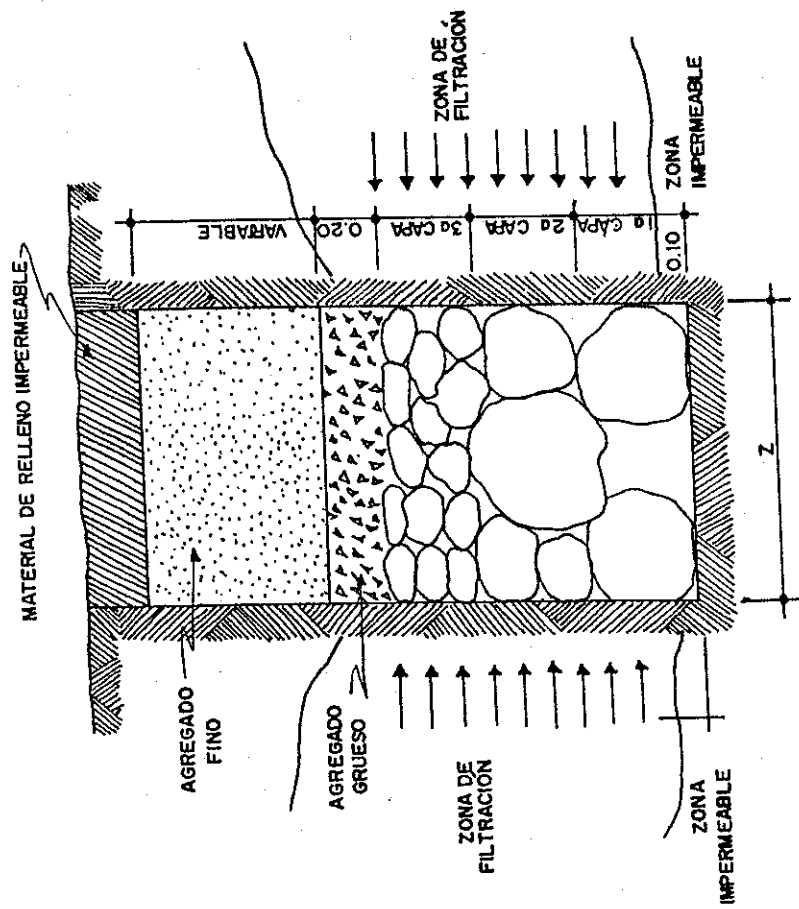
2.14. EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA SUB-DRENAJE

La excavación estructural para sub - drenaje, ya sea de tubería perforada (fig. No. 6) o drenaje francés (fig. No. 7), se debe efectuar hasta la profundidad de zanja que sea requerida y de conformidad con las dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los planos respectivos e instrucciones estrictas por el delegado residente. Las paredes de las zanjas deben ser lo más verticales que sea posible. El fondo de la excavación debe ser conformado, a efecto de que quede una superficie firme y uniforme en toda su longitud. Esta excavación no incluye el relleno de material del filtro ni la capa impermeable. Cuando se trate de drenaje francés, el delegado residente debe ordenarle por escrito al contratista el ancho de la zanja, la que en ningún caso debe ser menor de 60 cms. Cuando se trate de sub - drenaje de tubería perforada, la excavación tampoco incluye el suministro y colocación de tubería.

2.15. RELLENO ESTRUCTURAL

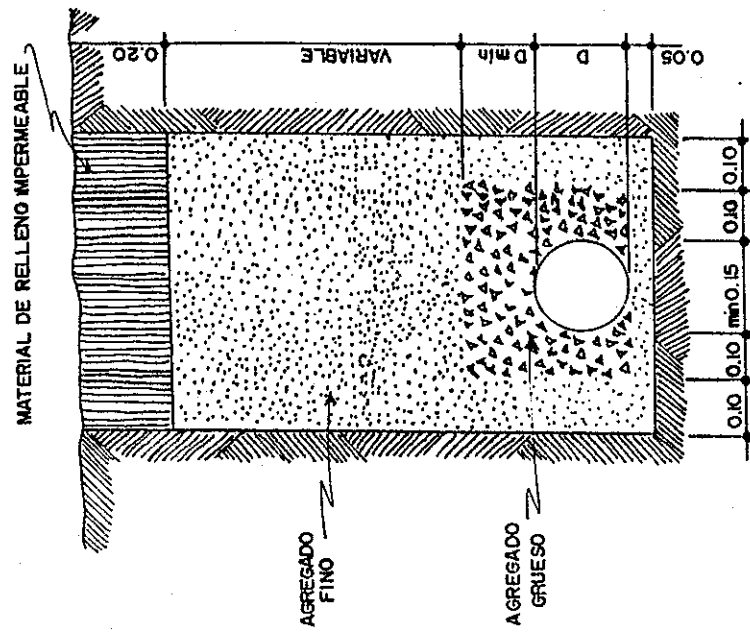
En cualquier excavación estructural, el relleno hasta la altura del terreno original o hasta la superficie de la sub - rasante, lo que sea más bajo, forma parte de la excavación en caso necesario, el delegado residente puede ordenar que el material a utilizar para el relleno, o sea obtenido de una fuente completamente diferente al de la excavación para la estructura de que se trate.

Todo el material a usar para el relleno, debe ser de calidad aceptable y no contener terrones grandes, madera u otras materias extrañas. Se pueden utilizar piedras para los rellenos, únicamente con la autorización expresa del delegado residente y siempre que los vacíos entre ellas, sean rellenos con material apropiado, el que debe ser debidamente compactado.



DRENAJE FRANCÉS

Figura 7



TUBERÍA PERFORADA

Figura 6

RELLENO ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS

En general las zanjas y las excavaciones deben rellenarse hasta una altura no menor de 60 centímetros sobre la corona de la alcantarilla o hasta la altura del terreno natural, según sea el caso. El material de relleno que se coloque hasta el nivel de la corona, debe ser fino, de preferencia arenoso, poco plástico, exento de piedra de 5 centímetros de diámetro o mayores, de terrenos de arcilla u otros materiales inapropiados. El material de relleno debe compactarse en capas que no exceden de 15 centímetros de espesor, debiendo ser colocados simultáneamente a ambos lados de la alcantarilla para que no se produzcan presiones desiguales.

2.16. SOBRE - ACARREO

Es el transporte de materiales no clasificados provenientes del corte y del préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, desde una distancia que exceda el límite de acarreo libre, hasta la distancia de un kilómetro.

ACARREO LIBRE

Consiste en el transporte de materiales no clasificados provenientes del corte y de préstamos, así como el transporte del material de desperdicio, a una distancia menor o igual de 500 metros. El límite de acarreo libre es de 500 metros, el material que transporte hasta llegar a dicho límite es considerado como acarreo libre y su costo debe ser incluido en el precio unitario del renglón que corresponda.

La medida del sobre - acarreo se debe hacer del número de metros cúbicos- horas - minutos, con aproximación de dos decimales, satisfactoriamente transportados, de conformidad con el trayecto más corto y accesible que determine el delegado residente. El volumen de material debe ser calculado con base en las medidas del mismo en su posición original, el método de promedio de áreas extremas. La distancia de sobre - acarreo debe ser la comprendida entre el centro del volumen del material ya colocado, menos la distancia límite de acarreo libre, siempre que la distancia no exceda de 1 km. que es el límite del sobre- acarreo. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos-Hm de sobre - acarreo, medidos como se indicó anteriormente al precio unitario de contrato correspondiente a sobre - acarreo.

2.17. ACARREO

Es el transporte de material no clasificado, proveniente del corte y de préstamos, así como el transporte del material de desperdicio, a cualquier distancia que exceda de un kilómetro menos la distancia de acarreo libre. En este caso no se considera sobre - acarreo. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos- kilómetro, con aproximación de dos decimales, satisfactoriamente transportados. El volumen de material se calcula en la misma forma en la que se mide el volumen de sobre - acarreo. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos -kilómetro de acarreo al precio unitario del contrato correspondiente.

CAPÍTULO III

DRENAJE

3.1. CÁLCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍAS CON ÁREA DE DESCARGA

En el campo existe una forma muy sencilla para determinar el diámetro de una tubería, este procedimiento consiste en que el ingeniero delimite y seccione en el campo la cuenca sobre la cual corre el agua, para que así pueda determinar el área de la cuenca.

Utilizando las siguientes fórmulas se puede llegar a determinar el diámetro de la tubería a utilizar.

$$Q=(C*I*Ac)/360$$

DONDE: Q= caudal (m3)

C= coeficiente de escorrentía (adimensional)

I= intensidad de lluvia (mm/h)

Ac= área de la cuenca (Ha)

Luego se utiliza la fórmula de Manning

$$V=(1/n)*R^{2/3} * S^{1/2}$$

DONDE: V= velocidad (m/seg)

n= coeficiente de rugosidad (adimensional)

R= radio hidráulico (m2)

S= pendiente del fondo del canal (%)

Aplicando la fórmula de continuidad:

$$Q=V*A$$

DONDE: V= velocidad (m/seg)

A= área de la tubería (m2)

Por último se aplica la fórmula del área de un círculo:

$$A = \frac{PI * D^2}{4}$$

DONDE A = Área de la tubería (m2)

PI = Constante (3.1415)

D = Diámetro de la alcantarilla (m)

Despejando D se obtiene el diámetro de la alcantarilla a utilizar

$$D = \sqrt{\frac{4A}{PI}}$$

3.2. DISEÑO DE TUBERÍAS CON COTA INVERT

La forma en que se diseña una tubería es muy importante, ya que ésta es la encargada de evacuar las aguas provenientes de las cunetas o de cuencas definidas, como lo son los riachuelos.

Para diseñar una tubería hay que considerar que la corriente de agua debe entrar y salir de las tuberías en línea recta, pues cualquier cambio brusco de dirección en uno u otro extremo provocaría un retardamiento en su circulación.

Según la información obtenida de la libreta de campo, para la estación 110+990.90, se necesita una tubería simple de 30" de diámetro. Dicha tubería se encuentra esviada 5° a la izquierda

EJEMPLO

ASUMIENDO Corrimiento (Corr) = 0.16
Sobre ancho (SA) = 0.47
Peralte izquierdo (e Izq) = +3.00%

Lo primero que se debe hacer es calcular la sección típica, con su talud deformado, esto se calcula solamente cuando la tubería posee un esviaje mayor de 0.00°, de lo contrario se omite este paso.

Como la sección 110+990.90 se encuentra en corte entonces posee 4.25 metros hacia la derecha y 4.25 metros hacia la izquierda. Tomando en cuenta que dicha sección se encuentra dentro de una curva que tiene sentido hacia la derecha, se procede a lo siguiente:

NOTA: en el proyecto El Zarzalito los Hoyos la sección de corte (en terracería) es de 4.25 metros.

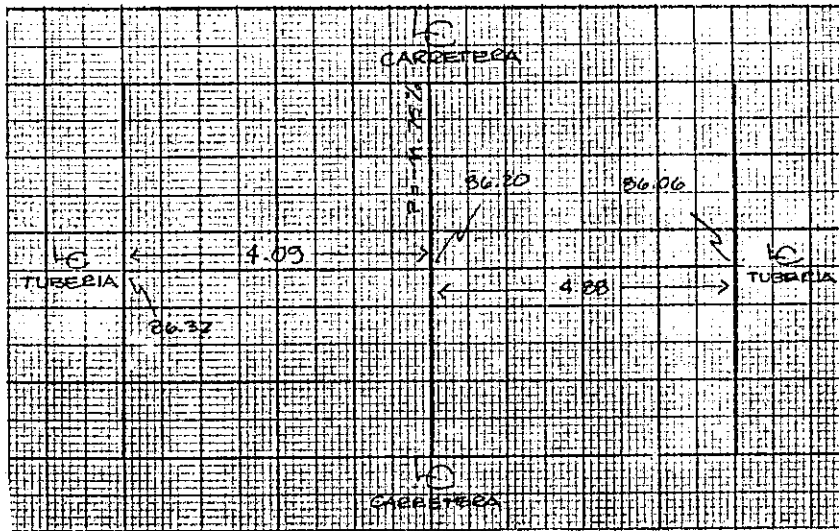
1. Distancia Izquierda = 4.25 - Corr.
Distancia Izquierda = 4.25 - .16 = 4.09 metros.

2. Distancia Derecha = 4.25 + Corr + SA
Distancia Derecha = 4.25 + 0.16 + 0.47 = 4.88 metros.

Cota de LC = 86.20 metros

3. Elev. Izq. = (Dist Izq. * e Izq.) + LC
= (4.08 * 0.03) + 86.20 = 86.06 m

4. Elev. Der = (Dist Der * e Der) + LC
= (4.88 * 0.0295) + 86.20 = 86.32 metros Ver (fig No. 8)



COTAS Y DISTANCIAS DE RASANTE
FIGURA 8

LC= línea central
 Corr= corrimiento
 SA= sobre ancho
 e= peralte
 P= Pendiente de la Carretera hacia la izquierda
 Esviaje = 5° hacia la Izquierda

1. Lado Izquierdo:

$$\text{Tg } 5^\circ = \frac{y}{4.09} \Rightarrow y = 4.09 * \text{Tg } 5^\circ$$

$$y = 0.36 \Rightarrow \text{Dist Izq.} = 4.09 + 0.36 = 4.99 \text{ metros}$$

$$\text{Dist Izq} = 4.09^2 + 0.36^2$$

$$= 4.11 \text{ metros}$$

2. Lado Derecho

$$\text{Tg } 5^\circ = \frac{y}{4.88} \Rightarrow y = 4.88 * \text{Tg } 5^\circ$$

$$y = 0.43 \Rightarrow \text{Dist Der} = 4.88 + 0.43 = 4.90 \text{ metros}$$

$$\text{Dist Der} = 4.88^2 + 0.43^2$$

$$= 4.90 \text{ metros}$$

$$3. \text{ Elev Izq.} = 86.32 + (-p) * 0.36$$

$$= 86.32 + (0.1175 * 0.36)$$

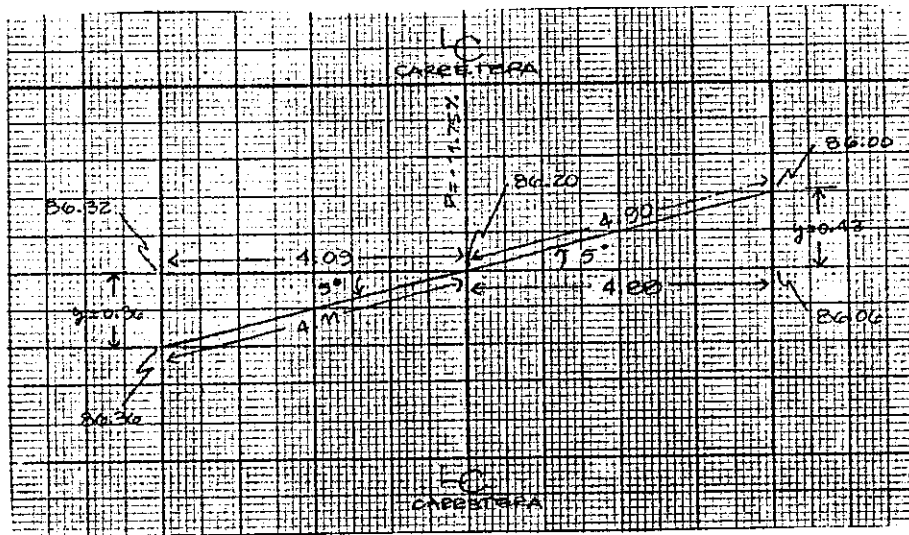
$$= 86.36 \text{ metros}$$

$$4. \text{ Elev Der.} = 86.06 + (-p) * 0.43$$

$$= 86.06 + (-0.1175 * 0.43)$$

$$= 86.00 \text{ metros}$$

Ver (fig. No. 9)



COTAS Y DISTANCIAS DE RASANTE CON ESVAJE .
 FIGURA 9

CALCULANDO TALUD DEFORMADO (TD)

Las fórmulas para calcular el TD se encuentran en la tabla No. 2. Para hallar la fórmula adecuada, se debe tomar en cuenta la pendiente de la carretera y el esviaje de la tubería.

Como se posee pendiente negativa y esviaje izquierdo, las fórmulas serán las siguientes:

TALUD NORMAL=2/1

$$TD \text{ Lado Izquierdo} = \frac{t}{\cos - pt \text{ Sen}} = \frac{2}{\cos 5^\circ - (0.1175 * 2 * \text{Sen } 5^\circ)} = 2.05 \text{ mts.}$$

Talud Deformado=2.05 mts.

Este talud indica por cada metro que exista en la escala vertical, se emplearan 2.05mts en la escala horizontal.

$$TD \text{ Lado Der} = \frac{t}{\cos + pt \text{ Sen}} = \frac{2}{\cos 5^\circ + (0.1175 * 2 * \text{Sen } 5^\circ)} = 1.97 \text{ mts.}$$

Talud Deformado=1.97 mts.

Este talud indica por cada metro que exista en la escala vertical, se emplearan 1.97mts en la escala horizontal.

En papel milimetrado realizar los siguientes pasos:

- 1) Plotear y trazar el perfil original según datos de campo, ver página 23
- 2) Plotear sección típica, con su talud deformado, según datos obtenidos anteriormente
- 3) Antes de darle la pendiente a la tubería se debe recordar que la altura mínima que debe existir entre la sección típica ya terminada y la corona de la tubería debe ser de 1.20 mts

4) Es recomendable que la pendiente de diseño oscile entre el 1.00% y el 6.00%, en este caso se utilizó el 3%, ya que el perfil original del terreno no se encuentra muy empinado pero tampoco se encuentra plano.

5) Para trazar la tubería sobre el papel milimetrado se debe observar que el inicio de la misma cumpla con el paso No.3. La distancia que se le de a las tuberías es aconsejable que termine en múltiplos de 0.50 metros. En este caso se eligieron las siguientes distancias:

$$\text{Dist. Izq.} = 5.50 \text{ metros}$$

$$\text{Dist. Der.} = 6.50 \text{ metros}$$

6) La cota inicial de la tubería se lee directamente sobre el papel milimetrado. En este caso la cota fue de 84.80 metros, luego se calcula la cota del centro y la cota del extremo en donde desembocará la corriente de agua.

$$\text{Cota inicial} = 84.80 \text{ metros}$$

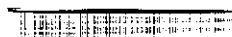
$$\begin{aligned} \text{Cota Central} &= \text{Cota Inicial} - (\text{Pendiente} * \text{Distancia hasta el Centro}) \\ &= 84.80 - (0.03 * 5.50) = 84.64 \text{ metros} \end{aligned}$$

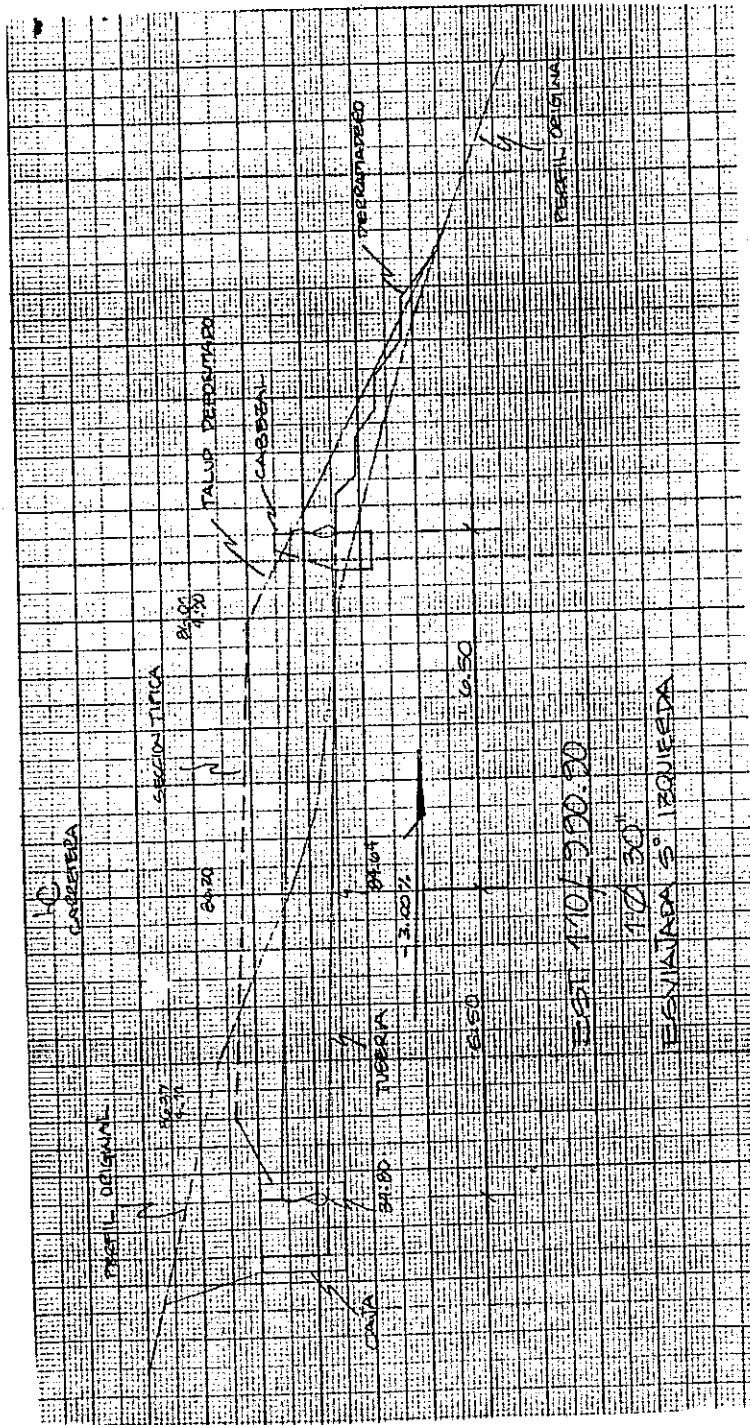
$$\begin{aligned} \text{Cota Final} &= \text{Cota Inicial} - (\text{Pendiente} * \text{Distancia Total de la Tubería}) \\ &= 84.80 - (0.03 * 12) = 84.44 \text{ metros} \end{aligned}$$

7) Después de tener las cotas de las tuberías se traza una línea que una las tres cotas, además se traza una paralela a la línea anteriormente mencionada. La separación entre dichas líneas será el diámetro de la tubería que se esté utilizando.

8) En la entrada de la tubería se puede observar que es necesario un tragante (caja), ya que el nivel del terreno original es mayor que el de la sección típica. Lo contrario ocurre en la salida, en donde será necesario utilizar un cabezal.

9) Por último se puede notar que es necesario la construcción de un derramadero o dissipador de energía en la salida, ya que el nivel de la tubería quedó por arriba del nivel del terreno original. En caso de que hubiese sucedido lo contrario, entonces tendría que ser necesaria una zanja para que la corriente de agua pudiera salir. Ver (fig. No. 10)





DISEÑO DE ALCANTARILLAS
 FIGURA 10

FORMULA PARA EL CALCULO DEL TALUD DEFORMADO							
$t_d = t / (P \sin \alpha + \cos \alpha)$							
Pendiente Positiva				Pendiente Negativa			
Esviaje Derecho		Esviaje Izquierdo		Esviaje Derecho		Esviaje Izquierdo	
Lado Izq.		Lado Der.		Lado Izq.		Lado Der.	
t	t	t	t	t	t	t	t
$\cos \alpha - P \sin \alpha$	$\cos \alpha + P \sin \alpha$	$\cos \alpha + P \sin \alpha$	$\cos \alpha - P \sin \alpha$	$\cos \alpha + P \sin \alpha$	$\cos \alpha - P \sin \alpha$	$\cos \alpha - P \sin \alpha$	$\cos \alpha + P \sin \alpha$

α = Ángulo de esviaje medido desde la normal a la ℓ_c de la carretera hasta la ℓ_c de la tubería. Siempre menor de 90 grados. Puede ser esviaje derecho ó izquierdo.

P = Valor absoluto de la pendiente en valor real no en porcentaje.

t = Talud normal.

t_d = Talud deformado.

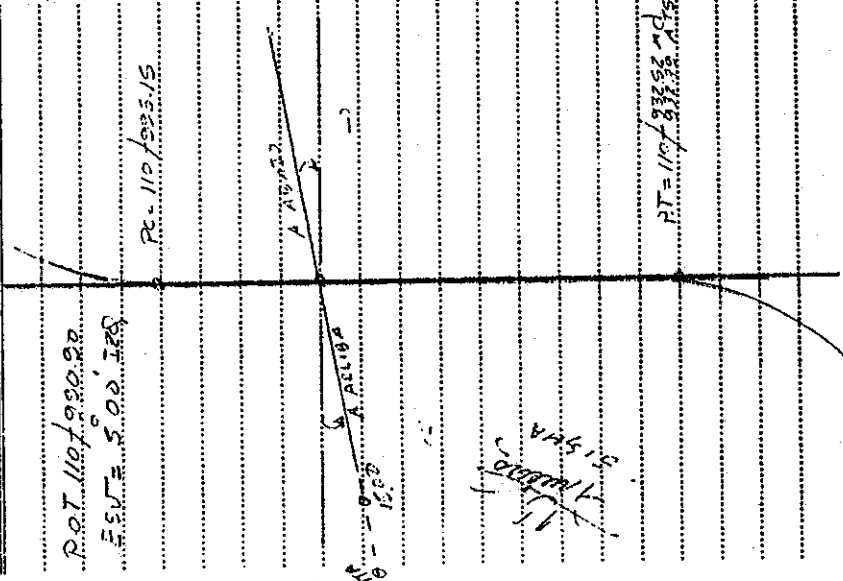
} Valor de la proyección horizontal cuando la proyección vertical es la unidad.

TABLA 2

242 - LOS HOYOS
 Fecha: 02-12-97 Lib. de Camp N° P-3 Pag. 3
 Operador: J. M. ... Lib. de Oficina N° ... Pag. ...
 Localización: Km. SE de Guatemala Ruta N° ...
 Descripción de la Línea: NIV. KPEEF / Tab 1-835

EST.	f	T	-	P.V.	LEV.
P.R.C.	0.038	391254			5916
0/015		0.79			1511
0/014		1.04			
0/012		2.34			
0/00550 A		3.28			5101
0/016		1.92			2123
0/013		2.46			8159
P.V.	0.013	585.343		3.924	87.330
0/003		0.65			80.671
0/002		1.95			80.271
0/001		2.48			81.56
0-00580		2.98			84.76
0-0057		3.77			85.57
0-01050		4.40			85.14
0-015		6.05			85.5
0-020		8.03			85.31
P.V.	3.989	521.300		2.032	87.311
P.V.				0.082	91.218
P.V.					91.216
					0.092

242 - LOS HOYOS
 Fecha: 02-12-97 Lib. de Camp N° P-3 Pag. 4
 Operador: J. M. ... Lib. de Oficina N° ... Pag. ...
 Localización: Km. SE de Guatemala - Ruta N° ...
 Descripción de la Línea: E.S.G. ... / Tab 1-835

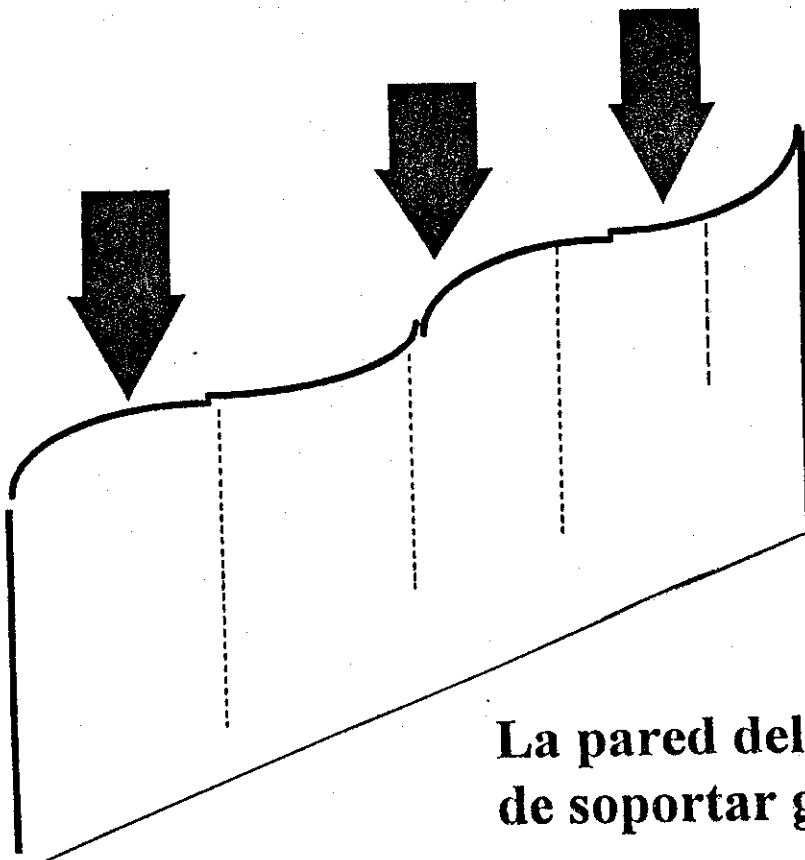


PERFIL DE TERRENO ORIGINAL (LIBRETA DE CAMPO)
 TABLA 3

3.3. TUBERÍA ABOVEDADA

El uso de las bóvedas sustituye a las tuberías para permitir el paso de mayores volúmenes de agua o para bien para soportar rellenos más grandes. En el caso de las alcantarillas abovedadas anidables hay que tomar en cuenta que poseen una forma semicircular en la parte superior y en el fondo deben poseer una forma plana, ambos bordes deben estar provistos de pestañas salientes y de agujeros para los sujetadores .

Las tuberías abovedadas y bóvedas de planchas estructurales, deben ser hechas de planchas estructurales, con las corrugaciones normales al eje de la sección. Esto permite que la pared del tubo actúe a compresión, además la pared actúa como una serie de columnas pequeñas (fig. No. 11). Es importante mencionar que la corrugación añade rigidez y sección a una tubería de metal.



La pared delgada es capaz de soportar grandes cargas

Figura 11

Las alcantarillas de metal corrugado son flexibles, esto permite que la distribución de la carga al suelo sea mucho más uniforme en comparación con las alcantarillas que son rígidas (fig. No. 12).

La parte crítica de la tubería abovedada se encuentra a ambos costados de ésta. Ya que en esta parte es en donde la compresión, por parte del terreno, se hace mayor (Fig. No. 13).

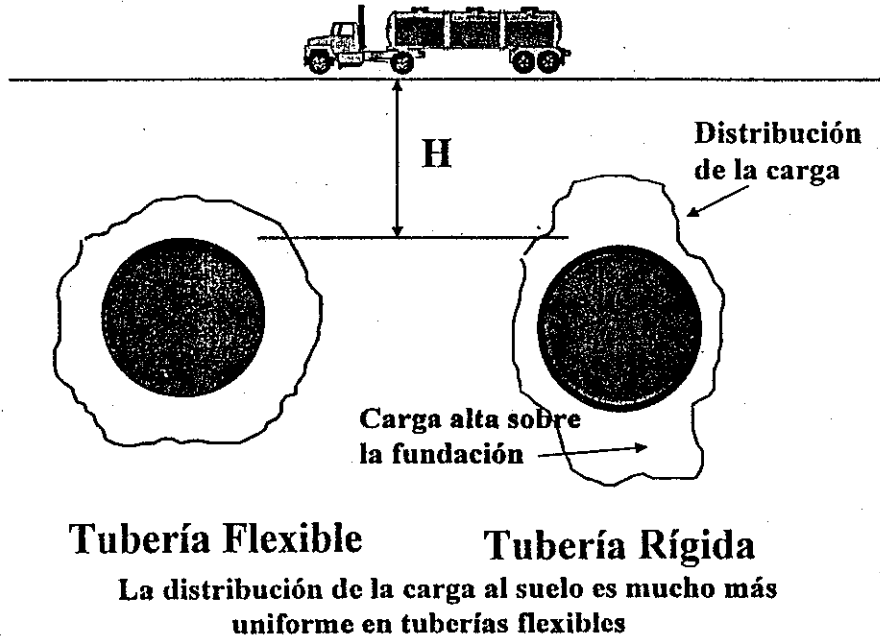
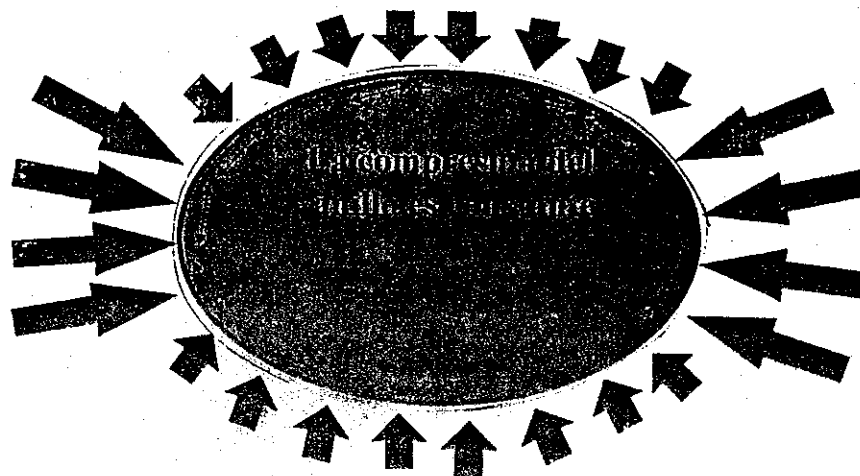


Figura 12



La carga normal de la estructura es inversamente proporcional al radio del arco. Se necesita más soporte a los lados.

Figura 13



CAPÍTULO IV

RENGLONES VARIOS

4.1. TUBERÍA PERFORADA DE CONCRETO SIMPLE PARA SUB - DRENAJE

Los tubos que se utilicen podrán ser de metal corrugado, galvanizado o de concreto simple. Las perforaciones para cualquier tubería no deben ser menores de 3/16 ni mayores de 3/8 de pulgada de diámetro. El número mínimo de hileras de perforaciones longitudinales y el número mínimo de perforaciones por hilera, deben ser como se expone en la tabla siguiente:

Diámetro interno en Cms. pulg.		# de hileras de perforaciones	# de perforaciones por hilera longitudes de: un metro.
15	06	04	10
20	08	04	10
25	10	04	10
30	12	06	10
38	15	06	10
45	18	06	10

TABLA 4. PERFORACIONES PARA TUBERÍAS DE CONCRETO

El número de hileras de perforaciones deben estar repartidas por la mitad en dos grupos, en ambos lados del tubo, en los segmentos comprendidos entre la mitad superior y su tercio inferior. La separación ente hileras no debe ser menor de 2.5 cms. en sentido transversal al tubo. No debe haber perforaciones en el tercio inferior ni en la mitad superior del tubo. La tubería perforada de concreto simple (fig. No. 14) debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 175 (ASTMC 14).

4.2. AGREGADO FINO PARA FILTRO DE SUB - DRENAJE

El agregado fino para filtro debe ser arena natural, limpia y libre de partículas de materia orgánica, o un producto elaborado, compuesto de partículas de piedra sin revestimiento, limpias, durables y libres de terrones de arcilla y materia orgánica. La arena debe ajustarse a la siguiente graduación:

TAMICES AASHTO 92	PORCENTAJE TOTAL QUE PASA
3/8 pulg. (9.5 mm.)	100
No. 4 (4.75 mm.)	95-100
No. 8 (2.36 mm.)	70-95
No. 16 (1.18 mm.)	45-80
No. 30 (0.600 mm.)	20-60
No. 50 (0.300 mm.)	10-30
No. 100 (0.150 mm.)	01-10

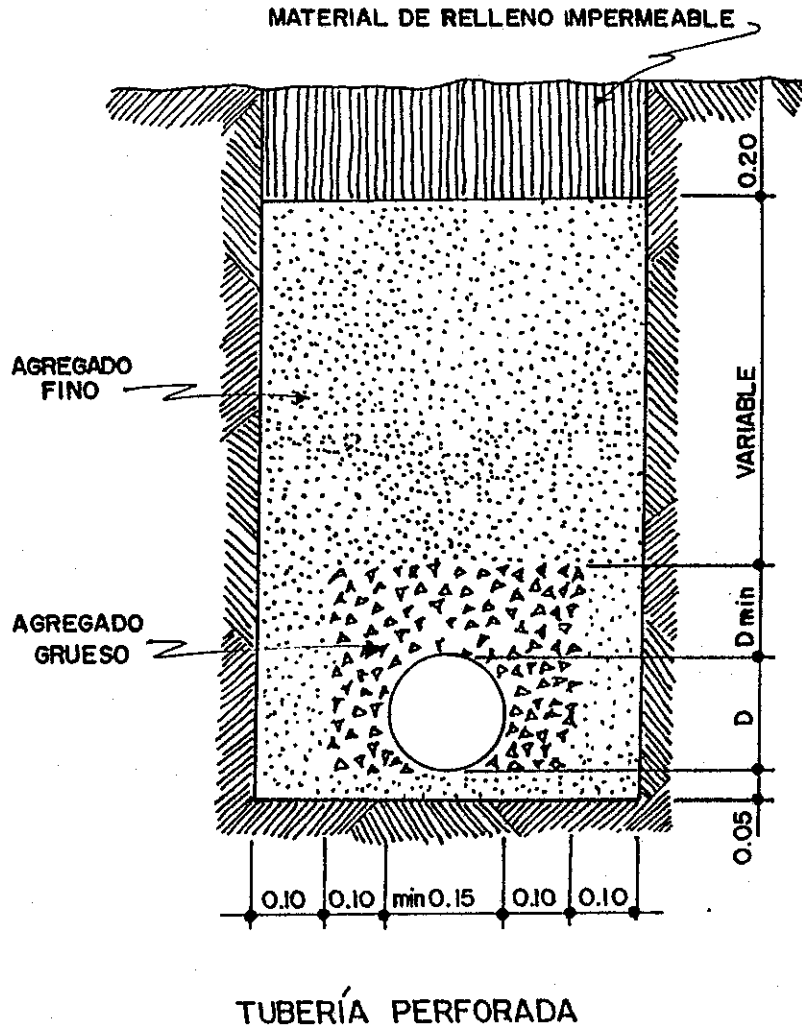


Figura 14

4.3. AGREGADO GRUESO PARA FILTRO DE SUB - DRENAJE

El agregado grueso para filtro debe consistir en piedra triturada, grava triturada o simplemente grava. Las partículas deben ser limpias, adecuadas, durables, de calidad uniforme, libres de exceso de piedras alargadas o delgadas, arcilla u otras sustancias perjudiciales. El agregado grueso debe ajustarse a la siguiente graduación:

TAMICES AASITO M92

PORCENTAJE TOTAL QUE PASA

1 Pulg. (25.0 mm.)	100
¾ pulg. (19.0 mm.)	75-100
½ pulg. (12.5 mm.)	45-90
3/8 pulg. (9.5 mm.)	30-75
No. 4 (4.75 mm.)	10-35
No. 8 (2.36 mm.)	00-05

Entre el suelo y el material filtrante o entre dos capas consecutivas de éstos, para evitar arrastres se debe cumplir con lo siguiente:

$$\frac{D_{15}(\text{filtro})}{D_{85}(\text{suelo})} > 5$$

Siendo D_{15} el tamaño de la partícula equivalente a la abertura de un tamiz, en el cual pasa el 15% en peso de todo el material, D_{85} , el tamaño de la partícula equivalente a la abertura en que para el 85% en peso, de todo material. Cuando se trate de arcillas sin vetas arenosas o limosas, esta condición se puede sustituir por:

$$D_{15} < 0.1 \text{ mm}$$

Para que el material filtrante sea suficientemente permeable debe cumplir con lo siguiente:

$$\frac{D_{15}(\text{filtro})}{D_{15}(\text{suelo})}$$

Para evitar que el material filtrante se segregue durante la construcción, su coeficiente de uniformidad debe ser:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 20$$

Siendo D_{60} , el tamaño de la partícula equivalente a la abertura de un tamiz en el cual pasa el 60% en peso de todo el material y análogamente D_{10} , el de la partícula equivalente a la abertura del tamiz en que pasa el 10% en peso de todo el material. Si el sub-drenaje está constituido por tubos perforados o de juntas abiertas, el material que posee el tubo debe ser:

$$\frac{D_{85}(\text{filtro})}{\text{Diámetro perforaciones}} > 2$$

$$\frac{D_{85}(\text{filtro})}{\text{Espesor abertura}} > 2$$



Sobre las capas de materiales para filtro se debe colocar una capa de material impermeable, de preferencia arcilla o cualquier otro que garantice un buen recubrimiento que evite cualquier deterioro de las capas del material del filtro. La medida de los agregados para filtro se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales. Las dimensiones deben ser tomadas desde el fondo de la excavación hasta la parte superior del agregado fino para el filtro y a todo lo ancho de la excavación, descontando el volumen que ocupa el cilindro correspondiente al diámetro exterior del tubo.

4.4. CAJAS Y CABEZALES DE ALCANTARILLAS DE CONCRETO CICLÓPEO

CAJAS

Las cajas son estructuras de forma rectangular, diseñadas y construidas para desaguar caudales de agua y soportar rellenos (fig. No.15). La línea central de una caja es el eje en su sentido longitudinal y el esviaje es el ángulo menor que forma la línea central de la carretera o camino rural con la línea central de la caja.

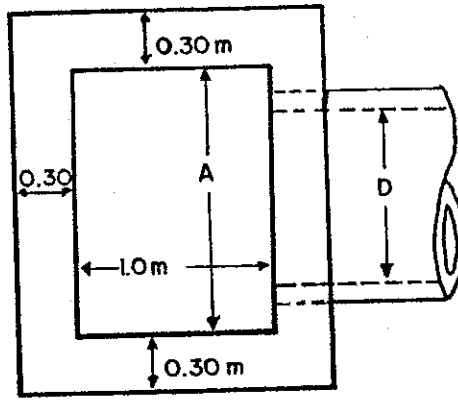
Cuando este ángulo es de noventa grados se le llama una caja normal. La prevención de las fallas que pueden evitar las cajas en las carreteras y caminos rurales son los derrumbes de taludes, tanto naturales como artificiales, ya que al no existir este tipo de estructura no habría salida del exceso de agua de lluvia, la que al derramarse sobre el pavimento fluye hacia los costados del camino. Otras fallas que se pueden evitar por medio de estas estructuras, diseñadas para desaguar caudales, son los agrietamientos, los que constituyen una de las fallas más frecuentes, tanto en pavimentos flexibles como en pavimentos rígidos, esto se da por no desalojar rápidamente el agua de la tormenta.

CABEZALES

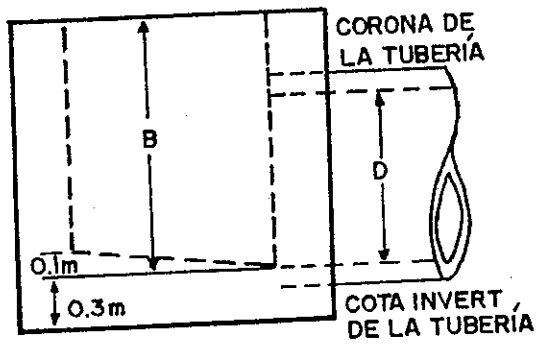
Los cabezales son muros que se colocan en la entrada y en la salida de las tuberías, diseñados y construidos para sostener y proteger los taludes y encauzar las aguas. Los cabezales pueden evitar las fallas que producen los derrumbes, tanto naturales como artificiales, de los taludes, considerando también las fallas que ocurren en aquellos suelos o materiales que han sido transportados y han sufrido proceso de compactación durante su colocación en la obra ver (fig. No, 16, 17, 18, 19) . Evitan otras fallas como: las ligadas a la estabilidad de la ladera y fallas de la estabilidad de taludes artificiales. Los cabezales están formados de:

- a) Un piso de fundación, que es lecho donde se asienta la tubería y que sirve de cimiento.
- b) Aletón o ala, que es un muro lateral colocado a continuación del cabezal, a la entrada o salida de la tubería, diseñado y construido para proteger los taludes y encauzar las aguas.
- c) Muro de coronamiento, muro superior construido a manera de remate de los cabezales y diseñado para sostener taludes.
- d) Gabacha, piso de concreto hidráulico o mampostería, diseñado y construido a manera de remate de los aletones y para evitar la socavación de los mismos aletones y de la tubería.

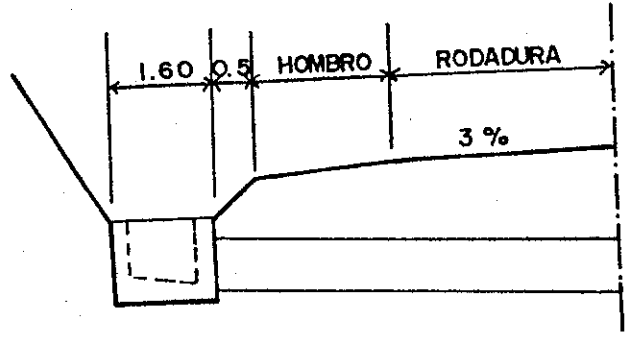
La profundidad de cimentación debe ser la indicada en los planos. Si por alguna razón se suspende la fundación en un punto tal que el concreto haya alcanzado su fraguado, en el punto donde se interrumpa se debe hacer una junta de construcción. Para que las siguientes capas de concreto queden bien unidas, deben dejarse llaves formadas por piedras angulosas.



PLANTA

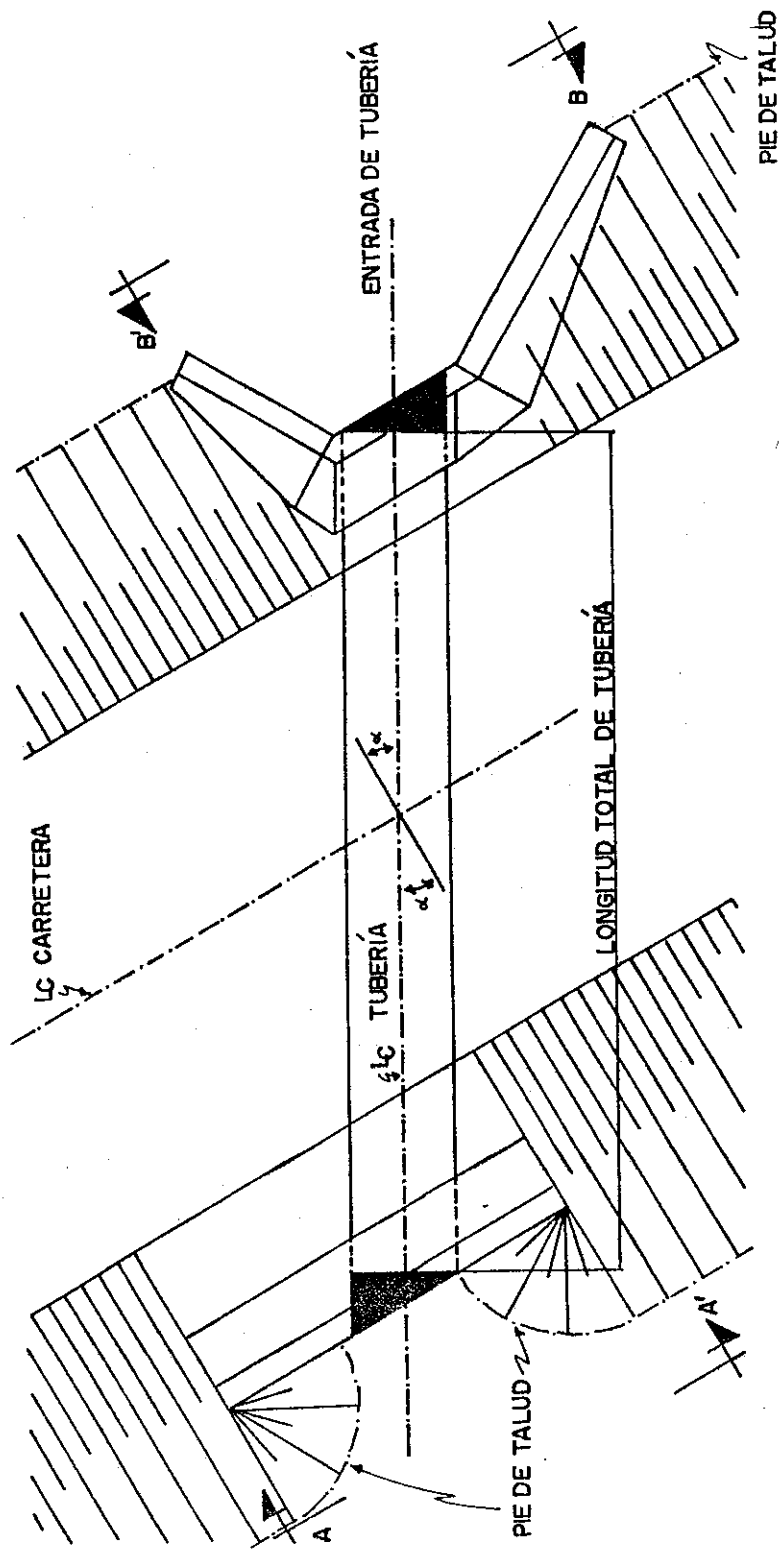


ELEVACIÓN

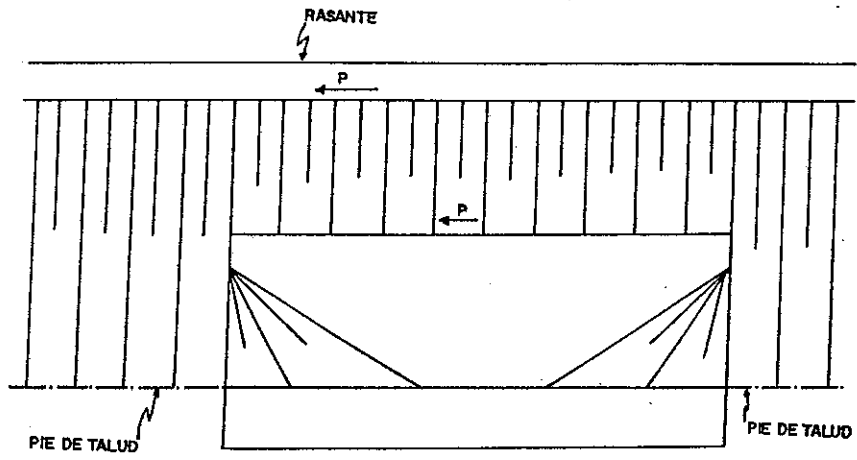


SECCIÓN TÍPICA EN LA CAJA

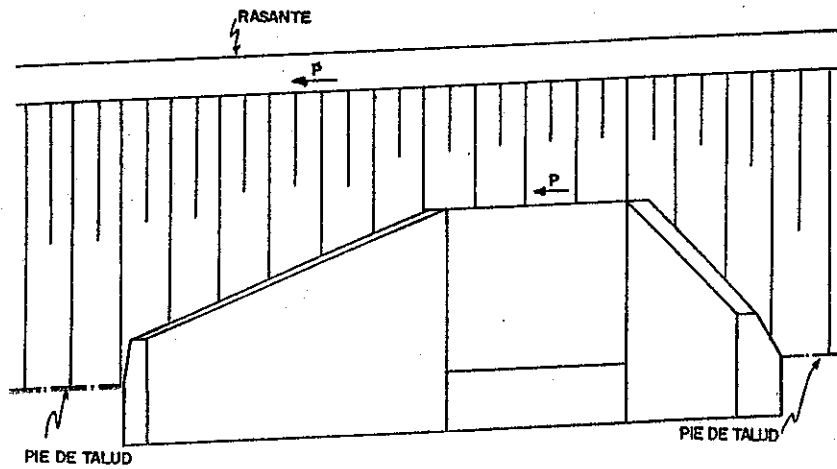
CAJA PARA TUBERÍAS
FIGURA 15



PLANTA DE TUBERÍA CON CABEZALES
FIGURA 16

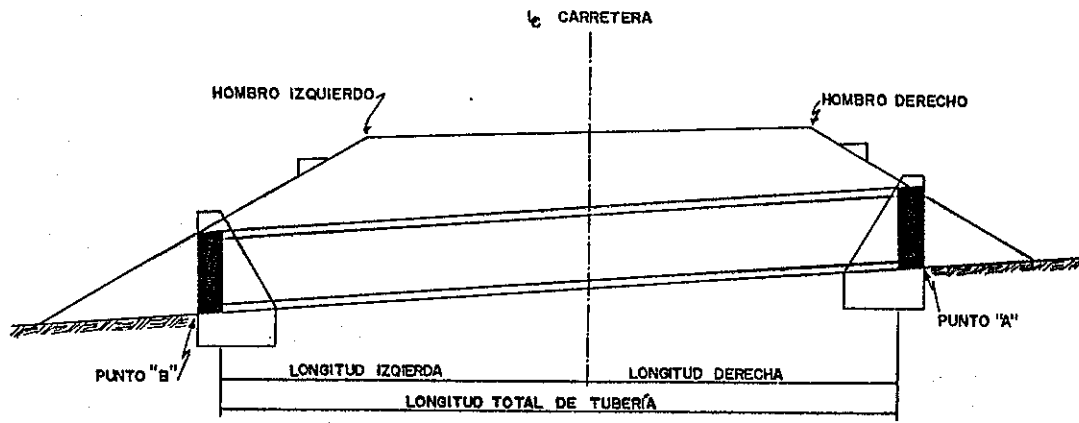


VISTA A-A



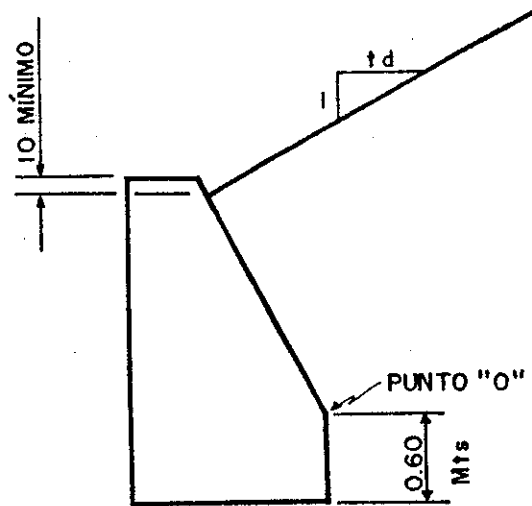
VISTA B-B'

PERFIL DE TUBERÍA CON CABEZAL
FIGURA 17



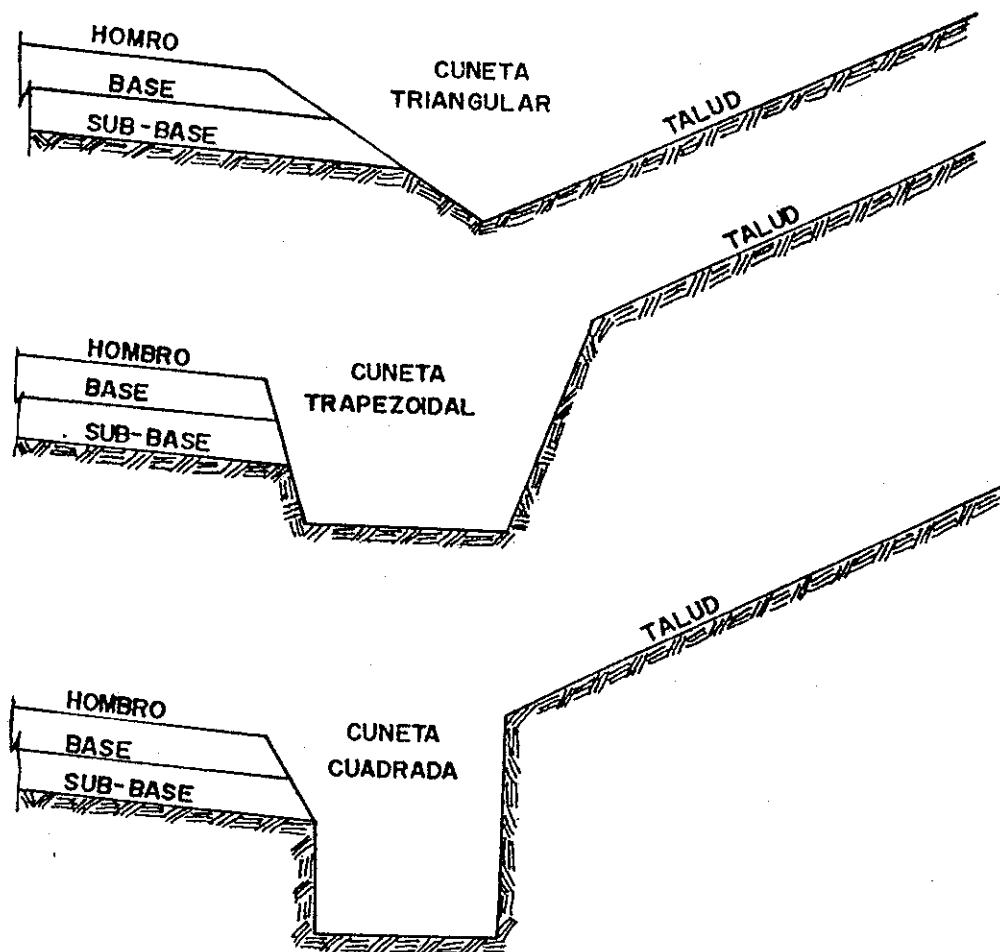
SECCIÓN EN l_c DE LA TUBERÍA

FIGURA 18



SECCIÓN MURO EN l_c DE LA TUBERÍA

Figura 19



TIPOS DE CUNETAS
FIGURA 20

A la superficie de las cajas y cabezales de concreto ciclópeo, no se les debe dar un acabado especial, sino el rústico dejado por las formaletas, si los planos no indican otra cosa.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, al precio unitario de contrato correspondiente a cajas y cabezales de concreto ciclópeo.

4.5. CUNETAS DE CONCRETO SIMPLE FUNDIDO EN SITIO

Son los canales, situados a ambos lados de la línea central de la carretera (fig. No. 20) recubiertos de: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple pre-fundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir, hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes. Se debe colocar el concreto, principiando en el extremo de la cuneta a revestir y avanzando en el sentido ascendente de la pendiente de la misma. Se deben dejar juntas a cada dos metros. Se debe tener cuidado en la colocación de la formaleta y al colocar el concreto se deben nivelar bien las superficies, para que la cuneta quede con la forma y dimensiones indicadas en los planos.

El espesor mínimo deber ser 7 cms. La salida de las aguas de la cuneta en corte nunca debe llegar al pie de los taludes en los rellenos, debiendo obligarlos a correr unos 10 metros, como mínimo, en terreno natural y firme. El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados, al precio unitario del contrato correspondiente a cunetas de concreto simple fundido en sitio.

4.6. DEFENSAS METÁLICAS

Son estructuras de metal formadas por postes (miembros verticales) y rieles (miembros horizontales), colocados a los lados de la carretera y/o puentes para prevenir los accidentes y disminuir la gravedad como consecuencia de los mismos. Los postes de metal deben tener la sección indicada en los planos. Los rieles de metal deben ser vigas de 12 pulgadas (30 centímetros) de alto mínimo y 3 pulgadas (7.5 cms.) de ancho mínimo, pueden ser planchas corrugadas, longitudinalmente doblándolas en arco de círculo y dándoles la forma de un canal o como lo indiquen los planos. El espesor del metal debe ser por lo menos de 2.6 milímetros, cuando el ancho de la viga sea de 7.5 cms. El espesor del metal debe ser por lo menos de 3.7 mm. Cuando el ancho sea menor de 7.5 cms., los espesores de las planchas pueden ser calibres equivalentes iguales o menores en su espesor. Los rieles deben ser fabricados con la forma apropiada y preparados para armar cuando se reciban en el campo, y sus cantos deben limarse o redondearse de tal manera que no presenten bordes afilados. Los postes y rieles deben ser de sección uniforme y serán rechazados los torcidos o deformados. Todos los pernos usados en los empalmes y conexiones deben tener cabezas que no presenten salientes apreciables en la superficie (de la defensa) que da hacia la línea central de la carretera. No se permitirá punzar, barrenar, cortar o soldar en el campo ninguna de las partes de las defensas. Las defensas se suministrarán con todos los accesorios tales como: pernos, tuercas, empaques, terminales, Etc. necesarios para una instalación completa. Los postes y rieles de metal y todos los accesorios metálicos deben ser galvanizados, de acuerdo con los requisitos de la norma AASHTO M 111 (ASTM A 123). Si los planos no lo indican de otra manera, las defensas deben estar localizadas en la siguiente forma:

Postes. La superficie exterior orientada hacia el pavimento, debe estar a un mínimo de 90 cms. del extremo de la capa de rodadura. Los postes deben tener una separación de centro a centro no mayor de 3.50 metros; deben estar enterrados un mínimo de 50 cms. dentro del suelo y la longitud exterior será variable de acuerdo con las dimensiones del riel.

Rieles. La distancia mínima de la superficie del suelo hacia la parte inferior de la viga o cable inferior del riel, no debe ser mayor de 45 cms.

Los empalmes de los rieles se deben hacer de tal manera que presenten salientes en dirección contraria al tránsito y que a la vez, proporcionen al riel la suficiente continuidad y rigidez estructural. El riel debe empalmarse con margen suficiente para su expansión.

El contratista debe proporcionar su compensación adicional: rieles, postes y accesorios para el propósito de pruebas, pero la cantidad de los mismos, debe indicarse en las disposiciones especiales. El pago se debe hacer por el número de metros lineales suministrados o fabricados, instalados y pintados satisfactoriamente como se indica en las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.

4.7 CERCAS

Son las vallas colocadas en ambos lados de la carretera, a lo largo de los linderos del derecho de vía y construidas de postes de madera y alambre espigado. Este trabajo consiste en la fabricación, transporte y colocación de postes de madera; suministros, transporte y colocación de alambre espigado. Se incluye en este trabajo las puertas, la excavación y relleno para la colocación de los postes.

Postes. La madera puede ser de cualquier especie siempre que sea la más recomendable para este uso, preferentemente se debe usar la madera de más abundancia en la región y que ofrezca la menor dificultad para su obtención. Los postes deben cortarse de madera sana y ser rectos, libres de nudos, hendiduras, rajadura u otros defectos que le afecten e inhabiliten para el uso propuesto. Si los planos no lo indican, los postes de la línea deben tener de 1.70 a 2.00 metros de longitud total y un diámetro no menor de 10 cms. Los postes esquineros, terminales y de puertas deben tener un mínimo de 18 cms. de diámetro y 2.50 metros de largo.

Alambre. Si los planos no lo indican el alambre espigado debe ser galvanizado, de acuerdo con los requisitos de la norma ASTM A 121. Debe consistir de dos hilos de alambre de 2.6 mm. de diámetro, retorcidos, con púas de dos puntas de alambre de 2.0 mm de diámetro o calibres equivalentes iguales o mayores en su espesor.

Grapas. Las grapas para sujetar el alambre espigado a los postes deben ser no menores de 4 cms. de largo y el alambre de que estén hechas debe ser galvanizado y de conformidad con los requisitos para alambre espigado especificado anteriormente.

Los requisitos para la colocación de los materiales anteriores son los siguientes:

- a) Postes. Si los planos no lo indican, los postes se deben colocar firmemente en el suelo, enterrando su extremo inferior a una profundidad de 50 cms. y a intervalos no mayores de 2 metros. Antes de colocar el poste se debe hacer una excavación de 30 cms. de diámetro y 50 cms. de profundidad; el espacio entre el poste y la excavación se debe llenar y compactar con material adecuado que garantice que los postes queden bien anclados al suelo.
- b) Alambre. El alambre se debe estirar y dejar tenso y asegurar a cada poste por medio de grapas, en cuatro hiladas de alambre espigado, colocadas a una distancia aproximada de 30 cms. Después que se ha clavado el alambre a los postes, éstos deben recortarse a una altura uniforme sobre el suelo.

El pago se debe hacer por el número de metro lineales medidos paralelamente a la superficie del terreno, al precio unitario de contrato correspondiente a cercas.

CAPÍTULO V

PAVIMENTOS

5.1. 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 en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

El reacondicionamiento de sub – rasante consiste en escarificar, homogenizar, mezclar, uniformar, conformar y compactar la sub – rasante de una carretera previamente construida, efectuando cortes y rellenos, no mayores de 20 cms. de espesor; con el objeto de regularizar, mejorando mediante estas operaciones las condiciones de la sub – rasante, como cimiento de la estructura del pavimento.

Los requisitos que deben cumplir los materiales son los siguientes:

a) Materiales inapropiados para sub – rasante:

1. Suelos clasificados como A8 según AASHTO M 145, que son altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales, parcialmente carbonizadas o fangosos; su clasificación se basa en inspección visual y no depende de pruebas de laboratorio; se componen de materia orgánica parcialmente podrida, generalmente tienen textura fibrosa; color café oscuro o negro y olor a podredumbre; son altamente comprensibles y tienen muy baja resistencia. Además basura o impurezas, que pueden ser perjudiciales para la cimentación del pavimento.
2. Las rocas aisladas, mayores de 10 cms. que se encuentran incorporadas en los 30 cms. superiores de la capa de suelo de sub – rasante.

b) Material apropiado para sub – rasante:

Suelos de preferencia granulares, con menos de 3% de hinchamiento, en ensayo AASHTO T, 193, que tengan características inferiores a los suelos que se encuentre en el tramo o sección que se esta reacondicionando y que además, no sea inadecuado para la sub – rasante de acuerdo al inciso (a). El delegado residente debe delimitar los tramos que el contratista tiene que reacondicionar, indicando claramente por escrito las estaciones inicial y final de cada tramo. Cuando la sub – rasante se encuentre reacondicionada, debe ser compactada en su totalidad, hasta lograr el 95% de compactación con respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191; con la aprobación escrita del ingeniero. Se pueden usar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

TOLERANCIA Y ACEPTACIÓN

Tolerancia en compactación. Se establece una tolerancia en menos del 2% respecto al porcentaje de compactación mencionado con anterioridad para la sub - rasante reacondicionada. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 mts. cuadrados o fracción de sub - rasante reacondicionada .

Tolerancia de superficie. Se establece tolerancia de 3 cms., en más o menos, respecto al nivel de conformación de superficie indicada en los planos.

Aceptación. La sub - rasante reacondicionada se debe aceptar para efectos de pago, hasta que se encuentre debidamente cubierta con material de sub - base el ancho total de sub - rasante indicado en las secciones típicas de pavimentación. No se permite que la sub - rasante, ya reacondicionada, quede sin recubrir con sub - base, en una distancia mayor de 2km.

El pago se debe hacer por el número de kilómetro lineales medidos sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal. Y se pagarán al precio unitario de contrato, correspondiente a reacondicionamiento de sub - rasante. No se reconocerá ningún pago adicional por el suministro, acarreo y sobre acarreo del agua, ni por las operaciones necesarias u sobre-acarreo necesarios para acondicionar el material inapropiado fuera del lecho del camino; ni por remoción de raíces y otras materias vegetales y piedras de área a reacondicionar. Todos estos gastos y los demás inherentes a la ejecución del trabajo, deben estar incluidos en el precio unitario de contrato.

5.2. CAPA DE SUB - BASE

Sub - base. Es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas del tránsito, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar; absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la base.

El trabajo de sub-base consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de sub - base; el control de laboratorio y operaciones necesarias para construir en una o varias capas una sub - base del espesor compactado requerido, sobre la sub - rasante previamente preparada y reacondicionada. Todo de acuerdo con lo indicado en los planos, ajustándose razonablemente a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas.

ESPESOR DE LA SUB - BASE Y MÉTODO PARA DETERMINARLO

Espesor de la Sub - base. La sub - base puede tener un espesor compactado variable por tramos, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub - rasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 10 cms. ni mayor de 70 cms. Los espesores de sub - base requeridos deben ser los indicados en los planos y/o disposiciones especiales, o los resultantes del diseño de pavimento, para cada tramo correspondiente.

Método para determinar el espesor. El espesor compactado de la sub - base debe ser determinado por medio de un método técnico de diseño de pavimentos, reconocido y aceptado profesionalmente, que relacione las características y condiciones del tránsito posible, con las de la sub - rasante, para establecer el espesor correspondiente a las capas superiores especificadas, deducir el espesor requerido de la sub - base. El método de diseño que debe usar de preferencia el delegado residente para este objeto, es el método de MS-1 del instituto de asfalto, a menor que sea establecido de otra forma en las especificaciones especiales.

REQUISITOS PARA EL MATERIAL DE SUB - BASE

Debe estar constituida por suelos de tipo granular, en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes:

Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre la muestra saturada a 95% de compactación AASHTO T 180, o bien un valor R, AASHTO T 190, mayor de 50.

Piedras grandes y exceso de finos. El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de sub - base no debe exceder de 7 cms. El material de sub - base no debe tener más de 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 40 (0.425 mm), ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 200 (0.075 mm.).

Plasticidad y cohesión. El material de sub - base debe tener las características siguientes:

- a) Plasticidad: la porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm.) no debe tener un índice de plasticidad AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146, cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.
- b) Equivalente de arena: no debe ser menor de 25, determinado por el método a AASHTO T 176.
- c) Impurezas: el material de sub - base debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub - base puedan causar, a criterio del profesional, fallas en el pavimento.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

Selección del material. Es responsabilidad del contratista seleccionar los bancos de materiales, que llenen los requisitos de calidad establecidos y someter el material a la aprobación del delegado residente, acompañando los resultados de los ensayos que haya efectuado. Esta solicitud debe presentarla antes de utilizar cualquier banco, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el delegado residente puede verificar la calidad, si lo estima conveniente. Cuando existan varios bancos como alternativas para el uso del material de sub - base, dentro de las condiciones normales de acarreo, el contratista debe usar el material que tenga un mayor valor soporte, menor porcentaje que pase el tamiz No. 200 (0.075 mm), menor índice de plasticidad y menor equivalente de arena. El contratista debe construir por su cuenta, los caminos de acceso y obras complementarias para la explotación y obtención del material de sub - base.

COLOCACIÓN Y TENDIDO

Colocación. El material puede ser colocado por medio de volteo en pilas, formando camellones o con máquina esparcidora.

Tendido. El material de sub - base, debe ser tendido en capas no mayores de 30 cms. ni menores de 10 cms. Si el espesor de sub - base requerido, es mayor de 30 cms, el material debe ser colocado en dos o más capas, nunca menores de 10 cms. no permitiéndose la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de sub - base, medida desde el extremo anterior cubierto con la base, no debe ser mayor de 4 km.

Mezcla. Después de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use máquina especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogenización, mezclando el material en todo su espesor, mediante la utilización de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora, escarificadora, estabilizadora, arado de discos o por otro método que produzca una mezcla homogénea.

El material de sub - base debe esparcirse, homogenizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua necesaria para su compactación. La humedad de campo debe determinarse secando el material o por el método con carburo, AASHTO T 217.

CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN

La capa de sub - base debe conformarse, ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180. La determinación de la densidad máxima, se debe efectuar por cada 2,000 mts. cúbicos de material de sub - base, o cuando haya evidencia de que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Si el material de sub - base es el mismo que el de la base, pueden colocarse ambas capas en una sola operación, siempre que el espesor total no sea mayor de 30 cms. Antes de iniciar las operaciones de construcción de la sub - base en forma continua, el contratista debe efectuar un tramo de ensayo en ancho total de la misma, indicado en la sección típica de pavimentación, con las condiciones, equipo y maquinaria que utiliza para este efecto en la obra, con el objeto que el Delegado Residente pueda determinar los valores a usar para la evaluación de la compactación.

CONTROL DE CALIDAD Y TOLERANCIA EN LOS REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

Compactación: se establece una tolerancia en menor de 3% respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la capa de sub - base. Se debe efectuar un ensayo representativo para cada 400 mts. cuadrados de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo de preferencia no deben efectuarse a una distancia menor de 20 mts en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando. De preferencia el control de compactación se debe hacer entre orillas interiores

de hombros, a una distancia mayor de 1 metro del borde de la sub - base y siguiendo un orden alternado: de derecha, centro e izquierda del eje.

- b) Deflexión: el contratista debe controlar, por medio de la viga BenKelman, método del MS - 17 (1969) Instituto de Asfalto, o por la aplicación de otro método técnico reconocido y aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, si la Deflexión de la capa de sub - base, conformada y compactada, no sobrepasa el valor de Deflexión máxima aceptable para dicha capa, de acuerdo con la carga e intensidad de tránsito de diseño del pavimento, indicado en las Disposiciones Especiales.

El valor máximo de deflexión aceptable para la superficie de la capa de sub - base, no debe ser mayor de 0.2 pulgadas (5 mm.), respecto a un punto dado, a una distancia no mayor de 12 pies (3.68 metros) en cualquier dirección, a menos que sea establecido de otra forma en las Disposiciones Especiales.

El contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de sub - base compactada, previamente a su aceptación.

De preferencia la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha a izquierda del eje.

Aceptación. La aceptación de la capa de sub - base se debe efectuar, hasta que ésta se encuentre debidamente cubierta con la capa de base y los hombros, en el ancho total de sub - base indicado en las secciones típicas de pavimentación. En caso que sea necesario corregir la capa de sub - base se debe proceder de la siguiente manera:

Cuando exista alguna grieta o bache se debe proceder a escarificar el área afectada hasta una profundidad de 10 centímetros como mínimo. Luego se debe mezclar el material con su humedad óptima, después se efectúa el tendido y compactación hasta adquirir el resultado deseado.

En caso de que la sub-base no presente la homogeneidad adecuada, se debe escarificar el área afectada hasta una profundidad de 10 centímetros como mínimo y luego mezclar y compactar el material hasta adquirir el resultado deseado.

El pago se debe efectuar por el número de metros cúbicos medidos y compactados en su posición final, debidamente con capa de base, al precio unitario del contrato.

Hay que tener presente que todas las operaciones necesarias para poder trabajar la sub - base corren a cuenta del contratista.

APLICACIÓN

Para calcular el volumen de sub-base se deben de seguir los siguientes pasos:

- 1.- Calcular el ancho promedio de la Sub-base. Dicho ancho se obtiene de la sección típica que se esté utilizando (Ver figura No. 21)

$$\text{Ancho promedio} = \frac{\text{Ancho Sub-base} + \text{ancho sub-rasante}}{2}$$

- 2.- Si el tramo que se está calculando se encuentra dentro de una curva, se le debe sumar la distancia del sobre ancho de la curva al ancho promedio. Lo anterior se lleva acabo cuando se esta calculando la sección completa del tramo.
Ancho Sección = Ancho promedio + Sobre Ancho.

- 3.- Cuando se calcula la media sección de un tramo que esté en curva hay que tomar en cuenta si la curva es hacia la izquierda o hacia la derecha. Si se desea calcular el ancho del lado derecho de una curva que va hacia la derecha se efectúa la siguiente operación.

$$\text{Ancho L.D} = \frac{\text{Ancho Promedio} + \text{sobre ancho} + \text{corrimiento}}{2}$$

Si se desea obtener el ancho del lado Izquierdo de la misma curva, se procede de la siguiente manera:

$$\text{Ancho L.I} = \frac{\text{Ancho promedio} + \text{corrimiento}}{2}$$

Si se desea obtener el ancho de la media sección, cuando ésta se encuentra en tangente, basta con dividir el ancho promedio entre dos.

- 4.- Si el tramo a calcular se encuentra en tangente, bastará con calcular el ancho promedio.
- 5.- Después de haber calculado el ancho deseado, según los pasos 2, 3 y 4; se procede a calcular el área del tramo por medio del método del promedio de áreas extremas descrito en el capítulo No. 2 sección 2.3.
- 6.- Por último se multiplica el área obtenida por el espesor de sub-base ordenado. Con lo anterior se obtiene el volumen de sub-base que se le pagará al contratista.

$$\text{Volumen de sub-base} = \text{Área} * \text{Espesor}$$

EJEMPLO

Calcular el volumen de Sub-base comprendido entre la estación 109+035 y la estación 109+120, sección completa utilizando la rasante que se muestra en la tabla No. 6 y la sección típica (fig. No. 21).

1.- Ancho Promedio de Sub-base = $\frac{8.5 + 7.80}{2} = 8.15$ metros

2.- Se calculará la sección completa del tramo.

Entonces : Ancho sección = 8.15 + Sobre Ancho. Esto se operará para cada sección.

Estación :	Ancho Sección (m)	Distancia (m)	Área (m ²)
109+035	8.50		
+040	8.63	5.00	42.82
+060	8.85	20.00	174.80
+080	8.85	20.00	177.00
+100	8.85	20.00	177.00
+120	8.79	20.00	176.40
TOTAL=			748.02

Tabla 5. ÁREA DE SUB-BASE

Est. 109+035

Ancho Sección $8.50 + 8.63 = 8.50/2 = 8.57 * 5 = 42.82$ m de la misma forma se procede con las demás secciones

109+040 a 109+120 = $\frac{8.63 + 8.79}{2} + 8.85 + 8.85 + 8.85 = 705.20$ metros

3.- En el Proyecto "El Zarzalito -- Los Hoyos" el espesor de sub-base ordenado fue de 0.30 metros entonces:

Volumen de sub-base a Pagar = $748 \text{ m}^2 * 0.30 \text{ m} = 224.40 \text{ m}^3$

5.3. CAPA DE BASE Y HOMBROS CON MATERIAL TRITURADO

Base. Es la capa que forma parte del pavimento y que está destinada a transmitir y distribuir las cargas originadas por el tránsito, a las capas inferiores, además sobre esta capa se coloca la carpeta de rodadura. El material de base debe consistir de piedra o grava, trituradas y mezcladas con material de relleno, a manera de obtener uno de los tipos de graduación estipulados. El material debe tener un CBR mínimo de 90%, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación; la porción de agregado retenida en el tamiz No. 4, no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 de revoluciones. No menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz No. 4 deben

Diabla

CÁLCULO DE RASANTE DE TERRACERIA

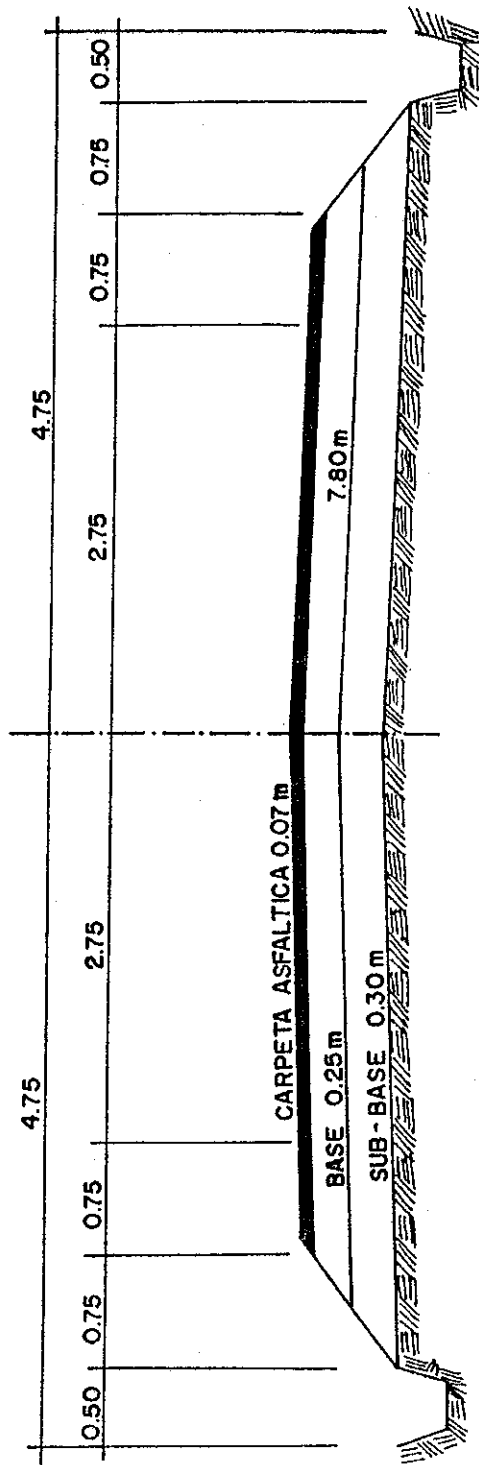
PROY: El Zorzolito - Los Hoyos CALCULO: Irr. Estuero Perez REVISO: 119. E. Sapan



FECHA: 5/02/98 Vo. Bo. Irr. E. Sapan HOJA No. 32

ESTACION	LINEA	K/100	GR	S	PERALTE		PEND.	RASANTE	CORR. C. V.	RASANTE CORREGIDA	LADO IZQUIERDO		L. C.		LADO DERECHO	
					IZQ.	DER.					DIST.	COTA	DIST.	COTA	DIST.	COTA
+08	PC		0.08	0.70	+2.9	-3.0		92.37	-0.13	92.24	4.67	92.30	4.67	92.24	5.03	92.09
+90	PC		0.08	0.56	+2.33		N	90.67	-0.35	90.42	4.67	90.53	4.67	90.42	4.39	90.27
+92	PC		0.04	0.35	+1.45		0	89.95	-0.31	89.64	4.71	89.71	4.71	89.64	4.64	89.50
+94	PC				0		0	89.97	-0.41	89.56	4.75	89.56	4.75	89.56	4.25	89.43
+96	PC				-3.0		0	87.27	-0.61	86.66		86.52		86.66	4.75	86.52
+98	PC						0	85.57	-0.85	84.72		84.58		84.72	4.75	84.58
+100	PC						0	83.86	-1.13	82.74		82.60		82.74	4.75	82.60
+102	PC						0	81.57	-0.85	80.72		80.58		80.72	4.25	80.53
+104	PC						0	79.27	-0.61	78.66		78.52		78.66		78.53
+106	PC						0	76.97	-0.41	76.56		76.42		76.56		76.43
+108	PC						0	74.67	-0.25	74.42		74.28		74.42		74.29
+110	PC						0	72.37	-0.13	72.24		72.10		72.24		72.11
+112	PC						0	70.07	-0.05	70.02	4.75	70.02	4.75	70.02	4.25	69.89
+114	PC						0	68.34	-0.01	68.33	4.71	68.40	4.71	68.33	5.14	68.18
+116	PC						0	67.77	-0.01	67.76	4.68	67.85	4.68	67.76	5.30	67.60
+118	PC						0	65.47			4.67	65.61	4.67	65.47	5.53	65.30
+120	PC						0	63.17				63.31		63.17	5.53	63.00
+122	PC						0	60.87				61.01		60.87	5.47	60.70
+124	PC						0	58.57			4.67	58.69	4.67	58.57	5.14	58.41
+126	PC						0	57.23			4.71	57.60	4.71	57.23	5.14	57.08
+128	PC						0	56.27			4.75	56.30	4.75	56.27	4.89	56.12
+130	PC						0	55.12			4.25	55.12	4.25	55.12	4.25	54.97
+132	PC						0	53.97			4.25	53.83	4.25	53.97	4.25	53.84
+134	PC						0	51.67			4.25	51.54	4.25	51.67	4.25	51.54
+136	PC						0	49.37			4.25	49.24	4.25	49.37	4.25	49.24

TABLA 6



PROYECTO · EL ZARZALITO-LOS HOYOS
SECCIÓN TÍPICA TIPO "E"

Figura 21

tener por lo menos una cara fracturada, ni más del 20% en peso pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas. El material que se utilice para capa de base de grava o piedra triturada debe llenar los siguientes requisitos de graduación.

**TIPOS DE GRADUACIÓN PARA MATERIAL
DE CAPA DE BASE DE GRAVA O PIEDRA TRITURADAS**

		PORCENTAJE POR PESO QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA AASHTO T 27					
TAMIZ No.	STANDARD mm	TIPO "A" 2" MÁXIMO		TIPO "B" 1 1/2" MÁXIMO		TIPO "C" 1" MÁXIMO	
		A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2
2	50	100	100				
1 1/2	37.5			100	100		
1	25	85-85	70-90	70-95	70-100	100	100
3/4	19	50-80	50-75	55-85	60-90	70-100	70-100
3/8	9.5				45-75		50-80
No. 4	4.75	30-60	25-60	30-60	30-60	35-65	35-65
10	2				20-50		25-50
40	0.425	10-25	7-30	10-25	10-30	15-25	15-30
200	0.075	3-10	0-15	3-10	5-15	3-10	5-15

TABLA No. 7

La curva de graduación del material de base debe ser uniforme y de preferencia paralela a la curva de valores medios en los tamices especificados, no aceptándose cambios bruscos entre dos tamices adyacentes.

En el momento en el que se coloca el material de base en la carretera, debe tener en la fracción que pasa el tamiz No. 4, incluyendo el material de relleno, las características siguientes:

- a) El material que pasa el tamiz No. 40, no debe tener un índice de plasticidad mayor de 3, ni un límite líquido mayor de 25, estos valores se deben efectuar sobre una muestra preparada en húmedo. El índice de plasticidad nunca debe ser mayor de 6.
- b) El porcentaje que pasa el tamiz No. 200 debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz No. 40.
- c) El equivalente de arena no debe ser menor de 40.

PRODUCCIÓN DEL MATERIAL DE BASE

La trituración se debe llevar a cabo en la planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del agregado. La planta de trituración debe tener un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas que sean necesarias para lograr la granulometría adecuada. El material de base producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta o ser acarreado para apilarse y almacenarse en un lugar cercano en el que se utilizará. El material de base debe ser colocado y tendido

en una capa de material uniforme y sin segregación. El espesor de la capa de base a tenderse no debe ser menor de 10 ni mayor de 30 centímetros. La distancia, para colocar la capa, no debe ser mayor de 4 kilómetros a partir del extremo anterior de la capa terminada. Se aconseja que la capa de base tendida sea mezclada con motoniveladora o por otro método que produzca una mezcla uniforme. Para poder lograr la densidad especificada se debe humedecer el material adecuadamente. La humedad de campo se puede determinar por el método de carburo o secando el material. La capa de base debe ser conformada y compactada hasta lograr el 100% de la densidad máxima, debiendo ajustar sus lineamientos según las secciones típicas de pavimentación. Para efectos de chequeo, el personal de supervisión que esté encargado de recibir el tramo en donde se coloca la capa base, puede ordenar al contratista que efectúe un chequeo de densidad en donde considere que el material no se encuentre en óptimas condiciones.

CONTROL DE CALIDAD Y TOLERANCIA EN LOS REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

Para la compactación se acepta una tolerancia del 3% en menos, respecto al porcentaje de compactación especificado para aceptación de base. El control de la compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje, es decir, en forma de zig-zag.

La conformación de la superficie terminada de la capa de base debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se debe colocar directamente sobre trompos de construcción, contiguos, transversal y longitudinalmente; a continuación, con una regla graduada, se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la base, en sentidos transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades mayores de 1.0 centímetros, cuando el espesor de la capa de superficie de rodadura es igual o menor de 5 centímetros. Si el espesor de esta capa es mayor, se permiten irregularidades hasta de 2 centímetros.

+ La deflexión se debe chequear por medio de la viga de Benkelman, siendo 2.5 milímetros el valor máximo de deflexión aceptable, siempre y cuando la capa de rodadura sea igual o menor de 5 centímetros. Si dicha capa es mayor de 5 centímetros, la deflexión máxima aceptable es de 3.5 milímetros. El control de la deflexión se debe efectuar la misma forma y sentido al control de compactación. Para el espesor de base debidamente compactado, es aceptable la tolerancia de 1.5 centímetros.

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base, ésta debe escarificarse hasta una profundidad de 10 centímetros y después efectuar las correcciones siguientes:

- a) Si es por defectos en la superficie, baches o grietas; el material debe ser mezclado con la humedad adecuada.
- b) En caso de que existe segregación o falta de homogeneidad, el material debe ser mezclado y compactado adecuadamente.
- c) En caso de que la capa de base no alcance el espesor acordado, el contratista deberá, a su costa, agregar el material que haga falta hasta alcanzar el espesor especificado.

PAGO

El Pago se debe hacer por el número de metros cúbicos o metros cuadrados debidamente compactados en su posición final en la carretera y que estén debidamente imprimados, al precio unitario correspondiente al renglón de capa de base de piedra triturada. No se reconocerá ningún pago adicional por el suministro y acarreo de todos los materiales, por las operaciones necesarias para producir el material de base, ni por la maquinaria, equipo y personal necesario para efectuar el control de laboratorio incluyendo la deflexión.

APLICACIÓN

Para calcular el volumen de Base se deben seguir los siguientes pasos:

- 1.- Calcular el ancho promedio de la base. Dicho ancho se obtiene de la sección típica que se esté utilizando.

$$\text{Ancho promedio} = \frac{\text{Ancho base} + \text{Ancho Sub-base}}{2}$$

- 2.- Luego se procede a seguir los pasos No. 2, 3, 4 y 5 de la sección 5.2.
- 3.- Por último se multiplica el área obtenida por el espesor de base ordenado. Con lo anterior se obtiene el volumen de base que se le pagará al contratista.

EJEMPLO

Calcular el volumen de base comprendido entre la estación 109+131.67 y la Est. 109+400 lado izquierdo, utilizando la rasante que se muestra en la tabla No. 3 y la sección típica (fig. No. 21)

- 1.- Ancho promedio de base = $\frac{7.80 + 7.00}{2} = 7.40$ metros

- 2.- Ancho de sección = $\frac{7.40}{2}$ - corrimiento. Esto se operara para cada sección.

Estación	Ancho Sección (m)	Distancia (m)	Área (m ²)
109+131.67	3.66		
+140	3.70	8.33	30.65
+160	3.70	20	74.00
+180	3.70	20	74.00
+200	3.70	20	74.00
			TOTAL = 252.65

TABLA 8. ÁREA DE BASE

Est. 109+131.67 Ancho Sección = $\frac{7.40}{2} - 0.04 = 3.66$ metros

BASE DE 0.25 metros de espesor

=> Volumen de Base a Pagar = $252.65 \text{ m}^2 * 0.25 \text{ m} = 63.16 \text{ m}^3$

5.4. RIEGO DE IMPRIMACIÓN

Consiste en aplicar un material bituminoso líquido, por medio de riego a presión, sobre la superficie de la sub - base, o sobre la base y hombros de la carretera, con el propósito de protegerla, impermeabilizarla, unir entre si las partículas minerales sueltas y endurecer la superficie, favoreciendo la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior. Para poder determinar el tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación, para el material bituminoso, se debe observar la tabla siguiente:

TIPO Y GRADO DE MATERIAL BITUMINOSO	ESPECIFICACIONES	TEMPERATURA DE APLICACIÓN	
		Grados Fahrenheit	Grados Centígrados
1) Asfaltos Líquidos			
RC -70 MC - 30	AASHTO M 81, M 82	120-160	49-71
RC - 250 MC - 250	AASHTO M 81, M82	160-200	71-93
2) Alquitrán			
RT 2	AASHTO M 52	60-125	16-52
RT 3	AASHTO M 52	80-150	27-66

TABLA 9. ESPECIFICACIONES PARA MATERIAL BITUMINOSO

El material secante se aplica sobre la capa de imprimación, dicho material debe estar constituido por arena natural o de trituración, con las siguientes características:

TAMIZ No.	STANDARD mm.	PORCENTAJE TOTAL QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA, AASHTO T 27
3/8	9.5	100
4	4.25	90-100
200	0.075	0 - 7

TABLA 10. GRADUACIÓN DE MATERIAL SECANTE

La porción que pasa el tamiz No. 4 no debe tener un índice de plasticidad mayor de 6, ni un límite líquido mayor de 25, ambos determinados sobre muestra preparada en húmedo.

Antes de imprimir una superficie, ésta debe ser barrida por medio de barredora mecánica, escoba giratoria o bien por un fielle mecánico, con el fin de eliminar cualquier material extraño que pueda causar daño a la superficie ya preparada. Después de barrer se procede a verificar visualmente si existen grietas o exceso de humedad que puedan entorpecer la penetración del material bituminoso. El área a imprimir debe ser delimitada por un cordel que indique el borde de la misma, y que sirve de guía para la barra de distribución.

La cantidad de material bituminoso se debe seleccionar en base a la textura de la superficie y a los tipos de materiales. La cantidad debe estar comprendida entre 0.10 y 0.50 galones por metro cuadrado, pero nunca deberá ser mayor de 1 galón por metro cuadrado.

No se permite imprimir una superficie cuando esté lloviendo o cuando la humedad del material, de dicha superficie, sea mayor del 60% de su humedad óptima o cuando las condiciones del clima afecten la uniformidad y penetración del riego. El riego de imprimación debe dejarse sin cubrir con material secante, durante 24 horas o más, dependiendo del tiempo que necesite el material bituminoso, para penetrar uniformemente más de 5 milímetros en la superficie y permitir el curado. La cantidad de material secante debe estar comprendido entre 0.003 a 0.006 m³ por metro cuadrado.

El contratista debe mantener la superficie imprimada, hasta que se coloque sobre ésta la capa inmediata superior.

El pago del riego de imprimación se debe hacer por el número de galones (U.S.A.) tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 60 °F (15.6 °C) ordenados, al precio unitario del contrato, correspondiente al riego de imprimación.

No se reconocerá ningún pago adicional por la obtención, suministro y acarreo de todos los materiales incluyendo el agua, material secante y mezcla asfáltica.

APLICACIÓN

Para calcular la cantidad de galones de RC-250 que se utilizaron para imprimir en el proyecto "El Zarzalito - Los Hoyos", el espesor de sub-base ordenado fue "El Zarzalito - Los Hoyos " , se siguieron los siguientes pasos:

- 1.- Si el tramo a imprimir se encuentra en tangente, el ancho será el que indique la sección típica. Dicho ancho será el mismo sobre el cual se aplique el riego de liga y tendido de asfalto.
- 2.- Cuando se calcula la sección completa de un tramo que esté dentro de una curva, al ancho a imprimir se le suma el sobre ancho de dicha curva.
- 3.- Cuando se calcula la media sección de un tramo que esté en curva hay que tomar en cuenta si la curva va hacia la Izquierda o hacia la Derecha. Si se desea calcular el ancho del lado derecho de una curva que va hacia la derecha se efectúa la siguiente operación:

$$\text{Ancho L.D} = \frac{\text{Ancho a Imprimir}}{2} + \text{Sobre Ancho} + \text{Corrimiento}$$

Si se desea obtener el ancho del lado Izquierdo de la misma curva se procede de la siguiente manera:

$$\text{Ancho L.I} = \frac{\text{Ancho a Imprimir}}{2} - \text{corrimiento}$$

Si se desea obtener el ancho de la media sección, cuando ésta se encuentra en tangente, bastará con dividir el ancho a imprimir entre dos.

4.- Después de haber calculado el ancho deseado según los pasos 1,2 y 3; se procede a calcular el área del tramo por medio del método del promedio de áreas extremas escrito en el capítulo No.2 sección 2.3.

5.- Luego de obtener el área del tramo a imprimir, se procede a calcular el punto tirado.

$$\text{Punto Tirado} = \frac{\# \text{ Galones utilizados en el tramo}}{\text{Área a Imprimir}}$$

DONDE

Punto ordenado: es la cantidad de galones por metro cuadrado que se utilizarán en el tramo a imprimir según el acuerdo entre Superintendente y Delegado Residente. El punto ordenado puede variar en un + 0.05%

Punto tirado: se obtiene de dividir el número de galones utilizados entre el área a imprimir. El punto tirado debe estar comprendido dentro de la tolerancia del punto ordenado.

6.- Por último se efectúa la siguiente operación:

$$\text{Número de galones a pagar al contratista} = \text{Área} * \text{Punto tirado} * \text{Factor de Corrección.}$$

El factor de corrección depende de la temperatura a la que se aplicó el riego.

EJEMPLO

Calcular la cantidad de galones a utilizar para imprimir el tramo comprendido entre las est. 109+131.67 y est. 109+200, lado derecho, utilizando la rasante de terracería que se muestra en la tabla No. 3 y la sección típica (fig. No. 21).

Asumiendo que se utilizaron 15 galones y un factor de corrección de 0.9551

$$1.- \text{Ancho a Imprimir} = \frac{7}{2} + \text{Sobre Ancho} + \text{corrimiento}$$

Estación	Ancho Sección (m)	Distancia (m)	Area(m ²)
131+067	3.89		
140	3.64	8.33	31.36
160	3.5	20	71.40
180	3.5	20	70.00
200	3.5	20	70.00
TOTAL =			242.76

TABLA 11. ÁREA DE IMPRIMACIÓN

$$\text{Punto Tirado} = \frac{75 \text{ Gls}}{242.46 \text{ m}^2} = 0.308 \text{ Gls/m}^2$$

El punto tirado ordenado, en el Proyecto "El Zarzalito - Los Hoyos" fue de 0.28 Gls/m² pero según especificaciones, para efectos de pago se aceptará una tolerancia del 5% en más o en menos.

$$\Rightarrow \text{La cantidad máxima a pagar será} = \frac{0.28 \text{ Gls}}{\text{m}^2} * 0.05 = 0.014 \text{ Gls/m}^2$$

$$\text{Pto. Tirado ordenado} + 0.014 = 0.28 \text{ Gls/m}^2 + 0.014 \text{ Gls/m}^2 = 0.294 \text{ Gls/m}^2$$

$$\text{Punto a pagar} = 0.28 \text{ Gls/m}^2 + 0.014 \text{ Gls/m}^2$$

$$\text{Número de galones a Pagar} = 242.76 * 0.294 \text{ Gls} * 0.9551 = 68.17 \text{ Gls.}$$

5.5. CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE

Es el sistema de construcción asfáltico que consiste en la elaboración en planta y en caliente, de una mezcla de proporciones estrictamente controladas de materiales pétreos, polvo mineral y cemento asfáltico, para obtener un producto de alta resistencia y duración, con características de calidad uniforme, que se puede tender y compactar de inmediato en la carretera. El concreto asfáltico puede ser utilizado como capa de base o como superficie de rodadura, según lo determinen las Disposiciones Especiales.

REQUISITOS PARA LOS MATERIALES

a) Requisitos para el Agregado Pétreo: el agregado pétreo debe consistir en piedra o grava triturada de buena calidad combinada con arena, polvo de roca, naturales o de trituración y polvo mineral para formar un agregado clasificado, que llene los requisitos siguientes:

1) Abrasión: la porción de agregado retenida en el tamiz No. 8 (2.36 mm), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión, AASHTO T 96, mayor de 40 a 500 revoluciones.

2) Desintegración al Sulfato de Sodio: el agregado en el tamiz No. 8 (2.36mm) , no debe tener una pérdida de peso mayor de 10% al ser sometido a 5 ciclos, en el ensayo AASHTO T 104.

3) Caras Fracturadas y Partículas Planas o Alargadas: no menos del 90% por peso de las partículas retenidas en el tamiz No. 8 (2.36mm) deben tener por lo menos una cara fracturada; no menos del 75% por peso, de las partículas retenidas en el tamiz No. 8 (2.36mm) deben tener por lo menos dos caras fracturadas; no más del 8% por peso, pueden ser partículas delgadas o alargadas con una longitud mayor de 5 veces el espesor promedio de dicha partículas.

4) Impureza: el agregado pétreo no debe contener materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancia que incorporadas dentro del concreto asfáltico, puede causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.

5) Peso: el agregado pétreo debe ser razonablemente uniforme en calidad y densidad y su peso unitario AASHTO T 19, no debe ser menor de 85 libras/ pie cúbico (1360 Kg./m³).

6) Graduación: el agregado pétreo, listo para ser mezclado con asfalto debe llenar los requisitos de graduación determinada según AASHTO T 27, T11 y T37. El tamaño máximo del agregado debe ser menor que la mitad del espesor de la capa a compactar. El tipo de graduación a utilizar debe ser estipulado en las Disposiciones Especiales, expresamente según que el concreto asfáltico se utilice como base o capa de superficie de acuerdo con las condiciones, carga e intensidad del tránsito previsto para el diseño.

7) Características de Plasticidad: la fracción de agregado que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm), incluyendo el polvo mineral, no debe tener un índice de plasticidad mayor de 4, según AASHTO T90, ni un límite líquido mayor de 20, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo AASHTO T146. El equivalente de arena AASHTO T 176, no debe ser menor de 35.

8) Resistencia al Desvestimiento: las partículas de agregado deben ser de tal naturaleza que al recubrirlas completamente con el cemento asfáltico del tipo y grado a usarse en la capa de concreto asfáltico no presenten evidencia de desvestimiento, permaneciendo más del 70 % de las partículas perfectamente cubiertas con material bituminoso, al efectuar el ensayo por inmersión en agua a 60 °C. El uso de aditivos antidesvestimiento, está condicionado a los resultados positivos del ensayo anteriormente indicado, usando los productos propuestos.

b) Requisitos para el polvo mineral: cuando se necesite agregar polvo mineral, en adición al que contiene naturalmente el agregado pétreo, éste debe consistir en : polvo de roca, cemento portland, cal hidratada u otro material inerte, que llene, según AASHTO M 17, los requisitos siguientes :

1) Graduación: el polvo mineral debe llenar los requisitos de graduación, determinada según AASHTO T 37, siguientes:

TAMIZ No.	STANDARD mm	PORCENTAJE POR PESO QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA, AASHTO T 37
30	0.600	100
50	0.300	95-100
200	0.75	70-100

TABLA 12. GRADUACIÓN DE POLVO MINERAL

2) Impurezas: no debe contener materias vegetales, basuras y terrones o grumos tanto de arcilla como los producidos por humedad.

c) Requisitos del Cemento Asfáltico: el tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación, del cemento asfáltico a usar, debe ser conforme a lo establecido en la tabla No. 13.

TIPO Y GRADO	ESPECIFICACIÓN	TEMPERATURA DE APLICACIÓN	
		GRADOS Fahrenheit	GRADOS Centígrados
Cemento Asfáltico			
Penetración Viscosidad			
60-70	AC 40	AASHTO M20'M226	280-330
85-100	AC 20	AASHTO M20'M226	275-325
120-150	AC 10	AASHTO M20'M226	225-300

TABLA 13. REQUISITOS DE APLICACIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO

(d) Requisitos para el Concreto Asfáltico: la mezcla de material pétreo y cemento asfáltico debe llenar requisitos de uno de los métodos de diseño establecidos según lo estipule las Disposiciones Especiales para cada uno de los Valores, conforme las tablas No. 14, 15 Y 16.

MÉTODO DE DISEÑO		VALORES LÍMITES	
1)	MARSHALL AASHTO T 245 (ASTM D 1559)	MÍNIMO	MÁXIMO
75 golpes de compactación en cada extremo del espécimen			
Estabilidad		1000 Lbs (454 Kg.)	3800 Lbs (1724 Kg.)
Flujo en 0.01 de pulgada (0.25 mm)		8	18
Porcentaje de Vacío para superficie		3	5
Porcentaje de Vacíos para Base		3	8
Porcentaje de Vacíos Rellenos con Asfalto		70	85

TABLA 14. MÉTODO DE DISEÑO MARSHAL

2)	UBBARD FIELD (Método original) AASHTO T 169 ASTM D 1138	MÍNIMO	MÁXIMO
Estabilidad		1800 libras (816 kg.)	2800 libras (1270 kg.)
Porcentaje de vacío para superficie		2	5
Porcentaje de vacío para base		2	8

TABLA 15. MÉTODO DE DISEÑO UBBARD FIELD

3)	HVEEM AASHTO T 246 (ASTM D 1560)	MÍNIMO	MÁXIMO
valor estabilómetro		40	-
valor cohesiómetro		50	-
Hinchamiento		-	0.03" (0.75mm)
Porcentaje de vacíos para superficie		3	-
Porcentaje de vacío para base		4	-

TABLA 16. MÉTODO DE DISEÑO HVEEM

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

Determinación del procedimiento de construcción. Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de concreto asfáltico, el contratista debe comunicar al Delegado Residente,

el procedimiento, incluyendo la maquinaria, el equipo, y los materiales que utilizará para la construcción del concreto asfáltico, de acuerdo con las características de los materiales y lo que indiquen las Disposiciones Especiales.

El procedimiento debe determinar la localización de las plantas de producción de Agregado y de mezcla asfáltica; la forma de almacenamiento y calentamiento del cemento asfáltico; la producción y preparación del agregado incluyendo el polvo mineral; las características de la planta de mezcla; los resultados de ensayos de laboratorio; el diseño de la mezcla; y la fórmula de trabajo propuesta, todo dentro de las tolerancias y requisitos que establecen las Disposiciones Especiales.

Esta información debe presentarla el contratista antes de iniciar la producción de mezcla de concreto asfáltico en forma continua, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones que estime convenientes.

COLOCACIÓN Y TENDIDO

La mezcla transportada a la carretera debe colocarse y tenderse a una temperatura, mínima de 265 °F (130 °C), con maquina pavimentadora autopropulsada, especial para este tipo de trabajo, que permita ajustar el espesor y el ancho a tender, el cual no debe ser menor de 3 mts, asegurando un esparcimiento uniforme en una sola operación. El espesor de cada capa no debe ser mayor de 6 pulgadas (15 centímetros). La longitud máxima de los tramos de tendido y el espesor, deben estar condicionados al equipo de compactación del que disponga el contratista y a las pérdidas de temperatura que sufra la mezcla. El espesor de la capa nunca debe ser menor del doble del tamaño máximo del agregado.

COMPACTACIÓN

El concreto asfáltico estando a una temperatura no menor de 225 °F (107 °C), debe ser uniformemente compactado hasta lograr el 100% de compactación respecto a la densidad máxima de laboratorio, determinada según el método de diseño adoptado. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T230; con la aprobación escrita del Ingeniero, se pueden usar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Para evitar la adherencia del material bituminoso a los rodillos, todas las compactadoras deben estar previstas de un sistema que mantenga mojados los rodillos en toda el área de contacto, pero deben evitarse excesos de agua.

La compactación se debe iniciar tan pronto como lo permita la temperatura de la mezcla, con una compactadora de rodillo metálico, no mayor de 8 toneladas (7260 Kg.). La compactación se debe efectuar paralelamente al eje longitudinal y en pasadas sucesivas de la orilla al centro. En las curvas la compactación debe iniciarse en el borde inferior, en todo caso, debe dejarse un traslape entre pasadas, no menor de la mitad del ancho del rodillo, debiéndose evitar que las compactadoras se estacionen en la mezcla caliente que se está compactando.

Todo el equipo de compactación debe estar en buen estado de funcionamiento, sin fugas de aceites o combustibles, causa por la que este equipo será rechazado hasta que no se corrija esta falla.

Cuando el espesor a compactar exceda de 15 centímetros, el material debe ser colocado, tendido y compactado en dos o más capas. Cuando la capa inferior haya sido abierta al tránsito, antes de ser cubierta con otra capa debe colocársele un riego de liga.

CONTROL DE CALIDAD Y TOLERANCIA EN LOS REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN:

Compactación. Se establece una tolerancia de 3% en menos, respecto al porcentaje de compactación especificado para aceptación de capa de concreto asfáltico. Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 500 metros cuadrados de concreto asfáltico de cada una de las capas que se compacten. Las densidades no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para corrección.

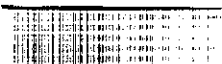
Superficie. La conformación de la superficie terminada de la capa de concreto asfáltico, debe ser verificada mediante la utilización de una regla o varilla de 3 metros de longitud, graduada, determinándose si la altura es constante sobre la superficie en sentido transversal y longitudinal. No se permite irregularidades mayores de 0.25 centímetros.

Tolerancias en la fórmula de Trabajo. El concreto asfáltico suministrado debe llenar los requisitos de la fórmula de trabajo dentro de las tolerancias siguientes:

REQUISITOS DE LA FÓRMULA DE TRABAJO	TOLERANCIA EN MÁS O EN MENOS
Agregado retenido en Tamiz No. 4 (4.75 mm)	5% en peso del material pétreo
Agregado retenido en Tamiz No. 8 (2.36 mm)	4% en peso del material pétreo
Agregado retenido en Tamiz No. 30 (0.600 mm)	3% en peso del material pétreo
Agregado retenido en Tamiz No. 200 (0.075 mm)	2% en peso del material pétreo
Agregado pasa Tamiz No. 200 (0.075 mm)	1% en peso del material pétreo
Contenido de cemento asfáltico	0.3% en peso de la mezcla total
Temperatura para mezclar y tender	20 °F, 11 °C.

TABLA 17. REQUISITOS Y TOLERANCIAS DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

Espesor. El espesor de capa de concreto asfáltico se debe verificar, al efectuar cada ensayo de control de compactación según AASHTO T 230, a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso, se deben efectuar perforaciones cada 200 metros. Se establece una tolerancia de ± 0.5 centímetros para el espesor compactado, pero el promedio aritmético de los espesores determinados por cada kilómetro, no debe diferir en más de 0.25 cm del espesor indicado en los planos, a menos que se trate de capas de nivelación estipuladas en las Disposiciones Especiales y/o aprobadas por el Delegado Residente.



Deflexión. El contratista debe controlar, por medio de la viga Benkelman, método del MS-17 (1,969) Instituto de Asfalto o por la aplicación de otros métodos técnicos reconocidos y aceptados profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, si la deflexión de la capa de Base conformada y compactada, no pasa el valor de deflexión máxima, aceptable para dicha capa, de acuerdo con la carga e intensidad de tránsito de diseño del pavimento, indicado en las Disposiciones Especiales.

El valor máximo de deflexión aceptable para la capa de base, es de 0.05 pulgadas (1.3 mm) en cualquier dirección, cuando la capa de superficie de rodadura es igual o menor de 5 centímetros. Si ésta es mayor la deflexión máxima aceptable es de 0.135 pulgadas (3.5 mm); a menos que sea establecido de otra forma en las Disposiciones Especiales, el contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión, por cada 400 metros cuadrados en la superficie de la capa de base compactada, previamente a su aceptación. De preferencia la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha a izquierda sobre el eje. El contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesario para efectuar este control según el método MS-17, anteriormente indicado, o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

ACEPTACIÓN

- 1) Mezcla de concreto Asfáltico. La mezcla debe ser rechazada, si la temperatura en el momento de descarga en la carretera es menor de la temperatura de tendido, con la tolerancia establecida.
- 2) Aceptación de la capa de concreto Asfáltico. Se debe efectuar, hasta que ésta se encuentre, en el ancho total de superficie indicado en la secciones típica de pavimentación, debidamente compactada y dentro de las tolerancias establecidas.

CORRECCIONES

Cuando sea necesario corregir la capa de concreto asfáltico, por defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la formas siguientes.

Correcciones por defectos de construcción o causas imputables al contratista.

Corrección por defectos en la superficie, espesor deficiente, baches, grietas, segregación, laminación. El área previamente delimitada por el Delegado Residente, debe excavar en toda la profundidad de la capa que se está controlando y sustituirse por mezcla de concreto asfáltico que llene los requisitos de las Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. Después de sustituir el material se debe proceder a compactarlo de nuevo hasta que, tanto el área delimitada como la superficie adyacente, cumpla con dichos requisitos.

Correcciones por Variaciones de Diseño o Causa No Imputable al Contratista. Cuando sea necesario efectuar correcciones de la capa de concreto asfáltico por variaciones de diseño o causa no imputable al Contratista, el Delegado Residente debe proceder a delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, incluyendo el aumento del espesor de la capa, por cuyo trabajo se debe

pagar el contratista a los precios unitarios de contrato, o en su defecto, por medio de un acuerdo de trabajo extra.

APLICACIÓN

El área sobre la cual se tenderá la carpeta asfáltica es la misma área sobre la cual se ha imprimado. Para obtener el volumen de concreto asfáltico basta con multiplicar el área anterior mencionada por el espesor de asfalto ordenado.

$$\text{Volumen Asfalto} = \text{Área} * \text{Espesor Ordenado.}$$

5.6. RIEGO DE LIGA ENTRE CAPA DE BASE Y RODADURA

Este trabajo consiste en aplicar un material bituminoso líquido por medio de riego a presión, sobre una superficie existente bituminosa o no, que debe ser cubierta al instante con una capa de asfalto. El riego de liga tiene por objeto mejorar las condiciones de adherencia entre la superficie y el asfalto y prevenir deslizamientos. Para poder determinar el tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación, para el material bituminoso, se debe observar la siguiente tabla.

TIPO Y GRADO DE MATERIAL BITUMINOSO	ESPECIFICACIONES	TEMPERATURA DE APLICACIÓN GRADOS	
		FAHRENHEIT	CENTÍGRADOS
Asfaltos líquidos RC-70	AASHTO M 81	120-160	49-71
Emulsiones * ss-1, ss-1h	AASHTO M 140		
css-1, css-1h	AASHTO M 208	75-130	24-55
Alquitranes RTCB-5, RTCE-5	AASHTO M 52	60-120	16-49
Cemento asfáltico			
penetración 85-100	AASHTO M 20		
AC-20	AASHTO M 226	290-400	143-204

TABLA 18. TEMPERATURA DE APLICACIÓN DEL MATERIAL BITUMINOSO

Antes del riego de liga, se debe barrer la superficie a tratar por medio de barredora mecánica, escoba giratoria o bien por un fuelle mecánico. Después de barrer se procede a verificar si existen grietas o alguna otra condición desfavorable para la adherencia eficiente de la capa de asfalto. En caso de que exista algo de lo anteriormente mencionado, se debe hacer la corrección antes del riego. El área de riego debe ser delimitada por un cordel que indique el borde de la misma y que sirve de guía para el camión distribuidor.

La cantidad de material bituminoso se debe seleccionar en base a la textura de la superficie y los tipos de materiales. La cantidad debe estar comprendida entre 0.05 y 0.20 galones por metro cuadrado. Si se usa asfalto RC, el riego debe hacerse con anticipación para permitir la evaporación de volátiles; pero si se usa cemento asfáltico, el riego se hará inmediatamente antes y no muy largo, para evitar que el AC se enfríe demasiado.

APLICACIÓN

Para calcular el número de galones de AC-20 que se utilizaron en el Proyecto "El Zarzalito - Los Hoyos", se siguieron los siguientes pasos:

1. El área que se cubrirá con liga es la misma sobre la que se ha imprimado, los cálculos de dicha área se efectuaron de la misma forma.
2. Luego de obtener el área del tramo a ligar, se procede a calcular el punto tirado:

$$\text{Punto Tirado} = \frac{\# \text{ Galones Utilizados}}{\text{Área a Ligar}}$$

El punto ordenado será establecido entre Delegado Residente y Superintendente. El punto ordenado se registrará por la cantidad de galones por metro cuadrado que se utilizarán en el tramo a ligar. La tolerancia a aplicar será de un $\pm 0.05\%$

El punto tirado debera estar comprendido dentro de la tolerancia del Punto Ordenado.

3. Para obtener la cantidad de galones a pagar al contratista se procede de la siguiente forma:

$$\text{Número de galones a pagar al contratista} = \text{Área} * \text{Punto Tirado} * \text{Factor de Corrección.}$$

El factor de corrección depende de la temperatura a la que se aplicó el riego de liga.

EJEMPLO

Calcular la cantidad de galones de AC-20 que se utilizaron para ligar, el tramo comprendido entre las est. 109+880 y est. 109+960 utilizando la rasante de terracería que se muestra en la tabla No. 3 y la sección típica (fig. No. 21), asumiendo los datos sig:

Se utilizaron 40 Gls, asumir un factor de corrección de 0.9105 y ancho a ligar de 7 metros

1. Ancho a Ligar = 7 mts ya que el tramo se encuentra en tangente.

Estación	Ancho Sección (m)	Distancia (m)	Area(m ²)
109+880	7.00		
900	7.00	20	140.00
920	7.00	20	140.00
940	7.00	20	140.00
960	7.00	20	140.00
		TOTAL =	560.00

TABLA 19. ÁREA DE RIEGO DE LIGA

$$\text{Punto Tirado} = \frac{40 \text{ Gls}}{560 \text{ m}^2} = 0.071 \text{ Gls/m}^2$$

El punto tirado, ordenado, en el Proyecto "El Zarzalito - Los Hoyos", fue de 0.07 Gls/m². Para efectos de pago se aceptará una tolerancia del 5% en más o en menos.

$$\text{La cantidad máxima a pagar será : } 0.07 \frac{\text{Gls}}{\text{m}^2} * 0.05 = 0.0035 \text{ Gls/m}^2$$

$$\text{Punto a Pagar} = 0.07 \text{ Gls/m}^2 \pm 0.0035 \text{ Gls/m}^2$$

Como 0.071 Gls/m² está comprendido dentro de la tolerancia entonces :

$$\text{Número de galones a pagar} = 560 \text{ m}^2 * 0.071 \text{ Gls/m}^2 * 0.9105 = 36.20 \text{ Gls.}$$

CONCLUSIONES

1. El diseño de las alcantarillas debe ser el adecuado para poder evacuar el agua proveniente de las cuencas y así poder evitar daños posteriores sobre la carretera. La mejor época para delimitar las cuencas se manifiesta durante el invierno, ya que durante éste se puede observar por dónde corre el agua.
2. Es muy importante que cada material que se utilice durante la construcción de una carretera sea debida y correctamente analizado, además se debe verificar que en el campo se coloque y se trabaje de forma adecuada.
3. La construcción de cunetas se hace necesaria al momento de que se halla imprimado la base. Esto con el fin de poder proteger la carpeta asfáltica, ya que de no existir cunetas, el agua se filtraría por debajo de dicha carpeta, provocando así la destrucción de esta última.
4. La compactación de los materiales de pavimento es muy delicada ya que si ésta no se lleva a cabo en los espesores de capas especificados y además no se le da el tiempo suficiente de compactación, con el equipo adecuado, es seguro que la estructura al transcurrir el tiempo fallará.

RECOMENDACIONES

1. Es aconsejable que sea el ingeniero el encargado de realizar el estudio preliminar en el campo para poder determinar el tipo y tamaño de alcantarilla a utilizar y así poder diseñarla de acuerdo a especificaciones.
2. Es necesario que el supervisor de la obra instruya correctamente a su personal, además debe de contar con el equipo y los medios necesarios para poder llevar a cabo los distintos ensayos y pruebas que los materiales requieran.
3. El supervisor debe chequear la resistencia del concreto que se utilizará para fundir las cunetas. Además debe verificar que éstas posean una pendiente adecuada para poder conducir el agua a las distintas alcantarillas.
4. En todo proyecto de carreteras, tanto supervisor como contratista deben tener un control de calidad riguroso sobre todos los materiales, ensayos de densidades y deflexiones para las distintas capas de terracería y pavimento que se lleven a cabo dentro de dicho proyecto.

ANEXO

CUADRO DE CANTIDADES CONTRATADAS
PROYECTO: "EL ZARZALITO LOS HOYOS"

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Pianos finales de la obra	25	pianos	453.75	11343.75
TERRACERÍA				
Retiro de casas o edificios	250	m2	165	41250
Limpia Chapeo y destronque	40	Ha	13962.25	558490.4
Excavación no clasificada	138819	m3	36.4	4914192.6
Excavación no clasificada material de desperdicio	8721	m3	32.91	287008.11
Excavación no clasificada para préstamo	123746	m3	36.5	4516729
Excavación en roca material de desperdicio	300	m3	458.78	137634
Remoción de material inapropiado	7377	m3	33.25	245285.25
Excavación de contracunetas	500	m3	111.73	56885
Remoción y prevención de derrumbes	5000	m3	33.25	166250
Excavación de canales varios	95	m3	164.18	15597.1
Excavación de canales en la entrada y salida de alcantarillas	230	m3	164.18	37761.4
Excavación estructural para cimentación de cajas y cabezales	1060	m3	166.71	176712.6
Excavación estructural para alcantarillas	2620	m3	187	489940
Excavación estructural para sub-drenaje	200	m3	92.52	18504
Relleno estructural	150	m3	191	28650
Sobre-Acarteo	5000	m3/Hm	2.7	13500
Acarteo	139844	m3/km	4.13	577555.72
DRENAJE MENOR				
Alcantarillas de metal corrugado de 24" de diámetro	529	m	591.53	314506.37
Alcantarillas de metal corrugado de 30" de diámetro	121	m	679.08	106368.68
Alcantarillas de metal corrugado de 36" de diámetro	192	m	1088.39	210890.88
Alcantarillas de metal corrugado de 48" de diámetro	72	m	1797.53	129422.16
Alcantarillas de metal corrugado de 60" de diámetro	50	m	2485.1	124255
RENGLONES VARIOS				
Tubería perforada de concreto simple para sub-drenaje	500	m	73.39	36695
Agregado fino para filtro de sub-drenaje	50	m3	73.18	8659
Agregado grueso para filtro de sub-drenaje	90	m3	243.74	21936.6
Cajas y cabezales de alcantarillas de concreto ciclópeo	540	m3	1204.36	650354.4
Cunetas de concreto simple (2000) fundido en sitio	25700	m2	88.13	2264941

**CUADRO DE CANTIDADES CONTRATADAS
PROYECTO: "EL ZARZALITO LOS HOYOS"**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
REGLONES VARIOS				
Defensas Metálicas	200	m	453.75	90750
Cercas	23500	m	19.49	458015
PAVIMENTO				
Reacondicionamiento de sub rasante (20 cms)	2	Kim	54306.88	108613.36
Capa de base granular de 30 cms	42825	m3	72.85	3119801.25
Capa de base y hombros con material triturado Tipo B2 25 cms	31300	m3	267.39	8389307
Riego de imprimación (RC-250)	34860	Gls	23.09	804917.4
Concreto asfáltico en caliente Tipo C3	19520	Tons	318.96	6226089.2
Material bituminoso AC-20/85-100 para concreto asfáltico	263526	Gls	12.87	3391579.62
Riego de liga entre capa de base y rodadura	11540	Gls	21.84	252033.6
TOTAL			TOTAL	38931414.7