

10  
2e

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"**

**REVESTIMIENTO DE UN CANAL DE RIEGO  
POR MEDIO DE CONCRETO ASFALTICO**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTA  
ENRIQUE GARIBAY GARIBAY**

**ACATLAN, EDO. DE MEX.**

**1986**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLÁN  
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA

CI/118/1986.

SR. ENRIQUE GARIBAY GARIBAY  
Alumno de la carrera de Ingeniería  
Civil.  
P r e s e n t e.

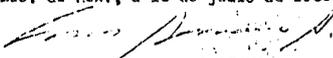
De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 10 de diciembre de 1983, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Revestimiento de un Canal de Riego -- por Medio de Concreto Asfáltico", el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción.
- I.- Revestimientos Asfálticos.
- II.- Pruebas y Equipo de Laboratorio.
- III.- Método y Equipo de Construcción.
- IV.- Supervisión de la Construcción.
- V.- Conservación y Mantenimiento del Concreto Asfáltico.
- Conclusiones y Sugerecias.
- Bibliografía.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Fernando Favela Lozoya, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLAMA EL ESPIRITU"  
Acatlán, Edo. de Méx., a 15 de julio de 1986.

  
ING. HERMENEGILDO ARCOS SERRANO  
Coordinador del Programa de  
Ingeniería.

HAS'JAM/rcm.

# I N D I C E .

CAPITULO I.-	REVESTIMIENTOS ASFALTICOS	1
I.1.-	Antecedentes	4
I.2.-	Localización del Distrito de Riego 05 en Delicias, Chih.	8
I.3.-	Tipos de revestimientos asfálticos	14
I.4.-	Consideraciones generales de diseño para revestimientos de canales (expuestos)	25
I.5.-	Consideraciones generales para el revestimiento de canales de concreto asfáltico mezclado en caliente	41
I.6.-	Costos comparativos	53
CAPITULO II.-	PRUEBAS Y EQUIPO DE LABORATORIO	55
II.1.-	Pruebas del asfalto	59
II.2.-	Pruebas de los agregados	67
II.3.-	PRUEBA DE COMPACTACION	76
II.4	DISEÑO DE LA MEZCLA	82

CAPITULO III.-	METODOS Y EQUIPO DE CONSTRUCCION	84
III.1.-	Procedimientos de construcción comunes a todos los canales	85
III.2.-	Procedimientos de construcción para canales revestidos con concreto asfáltico	86
III.3.-	Equipo de construcción (maquinaria)	88
CAPITULO IV.-	SUPERVISION DE LA CONSTRUCCION	98
IV.1.-	Inspección de plantas mezcladoras	99
IV.2.-	Inspección del equipo de construcción	102
IV.3.-	Inspección de la colocación del revestimiento	103
CAPITULO V.-	CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CONCRETO ASFALTICO	106
V.1.-	Tipos de agrietamientos en el concreto asfáltico	107
V.2.-	Tipos de distorsiones en el concreto asfáltico	111
V.3.-	Tipos de desintegración en el concreto asfáltico	113
V.4.-	Equipo de conservación y mantenimiento indispensables	115
	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	118
	BIBLIOGRAFIA	121

## INTRODUCCION

La constante preocupacion del Gobierno de la República con los programas de desarrollo agropecuario. Dentro de estos planes estan los distritos de riego en diferentes estados con el fin de incrementar las tierras aptas para la agricultura y como consecuencia la producción de alimentos necesarios para la autosuficiencia del país.

Las obras importantes para alcanzar esta meta en la agricultura son: presas de irrigación, sistemas de canales, distritos de riego etc.

Cabe señalar que la utilización del concreto asfáltico en el revestimiento de canales es una innovación en México y puede resultar provechoso este tipo de revestimientos dado que este concreto asfáltico se forma con derivados del petróleo, recurso energético que tenemos en nuestro país.

Para el buen funcionamiento de un canal la parte mas importante es su revestimiento, sin esta estructura la obra carecería de importancia.

Muchas naciones están haciendo un esfuerzo cada vez más intenso para diseñar, construir y conservar mejor sus zonas de riego.

En el distrito de riego 05 en Delicias Chihuahua en donde se encuentra el canal que está revestido con concreto asfáltico, tema de nuestra tesis este ha hecho que varias tierras sean productivas aumentando las cosechas de especies importantes como son; Algodón, cacahuete, maíz trigo, soya, avena, sorgo, frijol, ychile.

Es importante hacer este tipo de obras, ya que ayudan a elevar el modo de vida de una región, y a la vez al fortalecimiento del país en vías de desarrollo como el nuestro.

Las naciones de bajos recursos económicos como México y todos los países de Latinoamérica con pocas zonas de riego y condiciones regionales propias, necesitan invertir tiempo y dinero en mejorar sus revestimientos de sus canales, sobre todo hacerlos más resistentes para que se mantengan en óptimas condiciones sus zonas de riego.

En México se empleó en forma experimental el concreto asfáltico por primera vez en 1972 (en el canal del Norte en B. C.) sin estadística de resultado a la fecha, y actualmente se está llevando a cabo un proyecto de investigación por parte de la S.A.R.H. sobre un método de diseño de revestimientos flexibles, siguiendo las experiencias y estudios técnicos de varias compañías de los E.E.U.U.

## CAPITULO I.- REVESTIMIENTOS ASFALTICOS

### I.1.- ANTECEDENTES

- I.1.1.- Tipos de revestimientos
- I.1.2.- Breve historia del asfalto
- I.1.3.- Origen del asfalto

### I.2.- LOCALIZACION DEL DISTRITO DE RIEGO OS EN DELICIAS, CHIH.

- I.2.1.- Zona de riego
- I.2.2.- Régimen de la tenencia de la tierra
- I.2.3.- Clima
- I.2.4.- Corrientes aprovechables
- I.2.5.- Topografía
- I.2.6.- Poblaciones principales
- I.2.7.- Comunicaciones
- I.2.8.- Obras Hidráulicas

### I.3.- TIPOS DE REVESTIMIENTOS ASFALTICOS

- I.3.1.- Clasificación de los revestimientos asfálticos
  - A) Revestimientos asfálticos expuestos para canales
  - B) Revestimientos de membrana asfáltica enterrada
- I.3.1.A1.- Revestimiento expuesto de mortero asfáltico
- I.3.1.A2.- Revestimiento expuesto de membrana asfáltica prefabricada
- I.3.1.A3.- Revestimiento expuesto de concreto asfáltico mezclado en caliente

- I.3.1.A4.- Revestimiento expuesto de concreto asfáltico mezclado en frío
- I.3.1.A5.- Revestimiento expuesto de macadam asfáltico
- I.3.1.A6.- Revestimiento expuesto de membrana de riego de impregnación de asfalto
- I.3.1.B1.- Revestimiento de membrana asfáltica enterrada aplicada en caliente
- I.3.1.B2.- Revestimiento de membrana asfáltica prefabricada enterrada
  
- I.4.- CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO PARA REVESTIMIENTOS DE CAVALES (EXPUESTOS)
  - I.4.1.- Subrasante
  - I.4.2.- Terraplenses
  - I.4.3.- Rellenos
  - I.4.4.- Drenaje de la subrasante
  - I.4.5.- Taludes
  - I.4.6.- Bordo libre y altura del banco
  - I.4.7.- Alineamiento y rasante
  - I.4.8.- Velocidad permisible
  - I.4.9.- Coeficiente de rugosidad
  - I.4.10.- Asentamientos Sísmicos
  - I.4.11.- Espesor del revestimiento

- I.5.-            CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL REVESTIMIENTO DE CANALES DE CONCRETO ASFALTICO MEZCLADO EN CALIENTE
- I.5.1.-        Diseño de la mezcla
- I.5.2.-        Espesor del revestimiento
- I.5.3.-        Juntas
- I.5.4.-        Refuerzo
- I.5.5.-        Filtros
- I.5.6.-        Estabilidad
- I.5.7.-        Permeabilidad
- I.5.8.-        Problema del desarrollo de hierbas
- I.5.9.-        Película de penetración
- I.5.10.-      Película adhesiva
- I.5.11.-      Compactación del revestimiento del concreto asfáltico
- I.5.12.-      Daños por costra de lodos
  
- I.6.-           COSTOS COMPARATIVOS
- I.6.1.-        Costos de canales con revestimiento expuesto
- I.6.2.-        Costos de canales con revestimiento de membrana enterrada
- I.6.3.-        Costos de canales con revestimiento de tierra

## I. 1.- ANTECEDENTES

4

### I. 1. 1.- Tipos de Revestimientos

Hay importantes razones, además de la conservación del abas\_ tecimiento de agua, para el revestimiento de canales como son: el de conservación, reducción de daños a tierras más bajas (por infiltra\_ ción), reducción de costos de operación y mantenimiento o por aumen\_ to de la seguridad estructural. Usualmente se obtiene más de un be\_ neficio de estos objetivos.

Según el beneficio que se quiera o el problema que se tenga, será el revestimiento a efectuar, hay 3 grupos de tipos de revesti\_ mientos y son:

- 1.- Revestimientos Expuestos
- 2.- Revestimientos de Membrana Enterrada
- 3.- Revestimientos de Tierra

Los revestimientos expuestos para canales pueden ser de los siguientes materiales:

- 1.- Concreto asfáltico (mezclado en caliente o frío)
- 2.- Macadam asfáltico
- 3.- Membrana asfáltico superficial
- 4.- Morteros, bloques y losas asfálticas
- 5.- Concreto de cemento hidráulico (sin refuerzo)
- 6.- Concreto de cemento hidráulico (con refuerzo)

- 7.- Mortero de cemento hidráulico
- 8.- Suelo y cemento hidráulico
- 9.- Bloques de concreto
- 10.- Membranas superficiales de plástico o de hule

Los revestimientos de membrana enterrada pueden ser de:

- 1.- Asfalto (aplicado en caliente)
- 2.- Asfalto (prefabricado)
- 3.- De bentonita
- 4.- Plástico

Los revestimientos de tierra pueden ser de:

- 1.- Tierra compactada (arcillas, limos)
- 2.- Tierra suelta (arcillas, limos)
- 3.- Bentonita con suelo

#### I. 1.2.- Breve Historia del Asfalto

El concreto asfáltico como material de construcción se viene utilizando desde hace muchos siglos.

En exploraciones arqueológicas efectuadas en Mesopotamia se encontraron restos de este material, utilizado como aglutinante para la construcción de pisos y muros y en otra región como elemento impermeabilizante para estanques y baños, y para proteger taludes de estruc

turas construidas para fines de irrigación, según se aprecia en las ruinas de un estanque en la región de Mohenjo Daro (3,000 años A.C.) y en el sur de las márgenes del Río Tigris.

También se tiene noticias que en Egipto, en la época de los faraones, se utilizaba el asfalto para fijar las rocas en la arcilla del río y evitar así la erosión del bordo del río.

En la antigüedad, el asfalto lo obtenían de los depósitos superficiales formados por afloramientos a través de las fisuras de las rocas que cubrían los yacimientos de petróleo. Esto ocurría con mayor frecuencia en la región del Mar Muerto.

En Europa se sabe que a fines del siglo pasado, en Italia, se hicieron experimentos con revestimientos asfálticos impermeables pero fue hasta el año de 1920 cuando se inició el desarrollo de una técnica que permitió experimentar al igual que E.E.U.U. años más tarde con diversos tipos de revestimientos asfálticos.

En México se utilizó por primera vez concreto asfáltico para el revestimiento del canal alimentador del norte del Distrito de Riego núm. 14 en Mexicali Baja California y Sonora, en el año de 1972 y recientemente en el Distrito de Riego 05 en Cd. Delicias, Chih., por iniciativa y bajo la dirección de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

El cemento asfáltico se obtiene del residuo de la destilación del petróleo crudo, al cual se le han eliminado sus componentes volátiles y partes de los aceites.

I.2.- LOCALIZACION DEL DISTRITO DE RIEGO 05 EN DELICIAS, CHIH.

El Distrito de Riego se halla localizado en la parte central del Estado de Chihuahua, a unos 80 km al sur de la capital del Estado abarca los municipios de Camargo, Saucillo, Delicias, Noequi, Rosales y La Merced. Extendiéndose a lo largo de su cauce, principalmente, hacia la margen izquierda de la presa La Boquilla hasta el arroyo La Machimba.

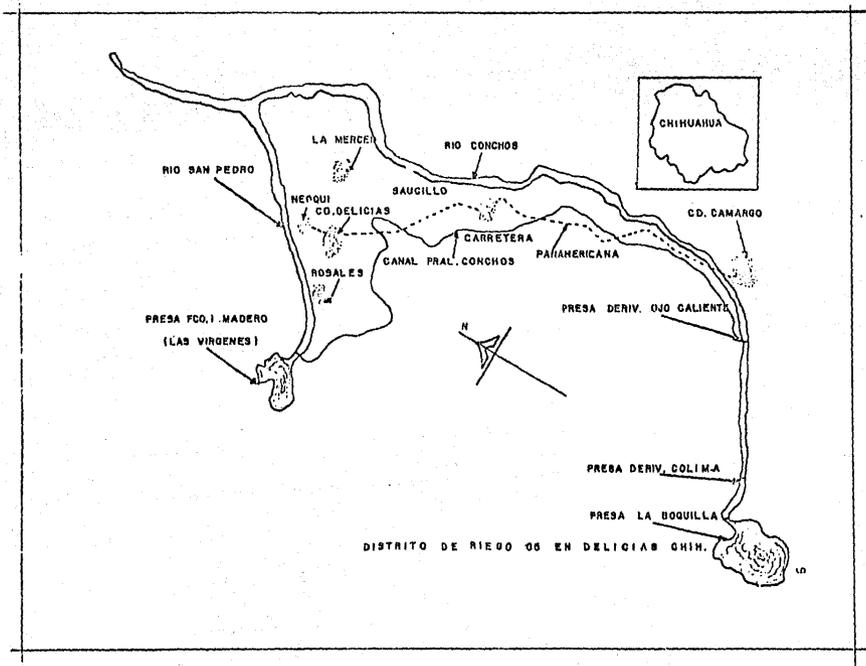
I.2.1.- Zona de Riego

Las zonas de riego que se inicia desde la presa La Boquilla, al principio es una faja angosta que va ensanchándose paulatinamente, hasta alcanzar a comunicarse con la presa Francisco I. Madero (Las Virgenes) y el río San Pedro.

La superficie total de la zona de riego es de 72,648 ha, de las cuales corresponden a las 3 unidades del Distrito 62,734 ha.

La distribución de la tierra es como sigue:

27,667	Hectáreas regadas con agua de la presa La Boquilla
32,282	Hectáreas regadas con agua de la presa Las Virgenes
<u>1,785</u>	Hectáreas regadas con aguas de drenes
62,734	Total de hectáreas regadas.



El estudio catastral efectuado por la S. A. R. H., consigna que la tenencia de la esta regida por 3 sistemas, siendo estas el régimen ejidal, propiedad privada y comunal, distribuido como sigue:

a) Régimen Ejidal	2228	propiedades
b) Pequeños Propietarios	1668	propiedades
c) Colonos	1978	propiedades
d) Usuarios en las márgenes del Río Conchos.	1607	propiedades

Las principales cosechas que se obtuvieron con semillas mejoradas en 1981 fueron :

Algodón	4299	Hectáreas.
Alfalfa	6391	Hectáreas
Cacahuata	7578	Hectáreas
Maíz	4605	Hectáreas
Trigo	10977	Hectáreas
Soya	8514	Hectáreas
Avena	1189	Hectáreas
Sorgo	6531	Hectáreas
Frijol	2016	Hectáreas
Chile	2109	Hectáreas

I.2.3.- Clima.

11

En la zona del distrito de riego es cálido y muy seco, con humedad deficiente (48 °C máxima y 21 °C mínima) en verano, y en invierno semicálido y benigno, con una temperatura variable que puede llegar hasta los 15°C bajo cero. La precipitación media anual es - del orden de 250 mm.

I.2.4.- Corrientes Aprovechables.

El Río Conchos nace en el Sureste del Estado de Chihuahua y corre hacia el Este hasta la población de Camargo, en donde cambia su dirección rumbo al Norte hasta Santa Clara, en donde se desvía - hasta Ojinaga para desembocar en el Río Bravo.

Los primeros tributarios importantes de este Río son el - Río Monoava, Río San Juan y el Río Minas; aguas arriba de la Presa - La Boquilla, después se le une por la margen derecha el Río Florido - que es uno de sus formadores importantes. También el Río San Pedro - por la margen izquierda y el Río Chuviscar.

I.2.5.- Topografía.

El Distrito de Riego se desarrolla a lo largo del Río Conchos, tiene una dirección Noreste entre la población de Camargo y el Arroyo de Bachimba, en su zona más amplia presenta una superficie -

plana, de ancho variable a lo largo del Río San Pedro como del Río - Conchos, pero a medida que se aleja del cauce, la Topografía es cada- vez más agrupta, ondulada y accidentada.

#### I.2.6.- Poblaciones Principales.

Entre las poblaciones principales en donde se encuentra el Distrito 05 son:

- a) Ciudad Delicias.
- b) Santa Rosalía.
- c) Ciudad Camargo.
- d) Noequi.
- e) Saucillo.
- f) La Merced.

#### I.2.7. Comunicaciones.

Las principales comunicaciones con que cuenta la zona, son- las siguientes:

- a) Ferrocarriles Nacionales de México.
- b) Carretera Internacional Panamericana.
- c) Caminos Locales.
- d) Campo de Aviación (Aviones Tipo Mediano)

- e) Redes Telefónicas Nacionales e Internacionales.
- f) Telex.
- g) Telefox.
- h) Radio Banda Lateral.
- i) Radio Frecuencia Modular.
- j) Omnibus de Pasajeros.

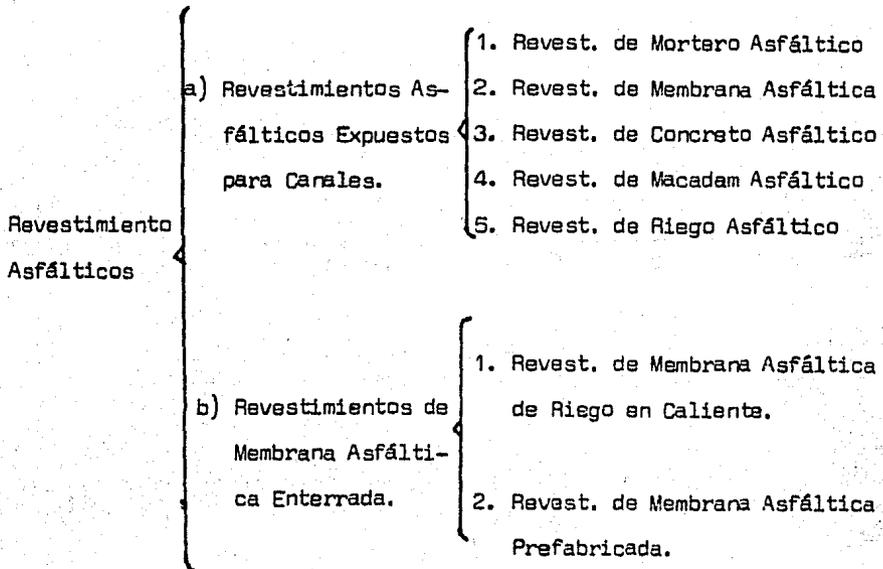
I.2.8.- Obras Hidráulicas.

Hay r presas importantes en la zona del Distrito de Riego-  
y se dividen como sigue :

- 1. Presas de Almacenamiento.
  - a) Presa La Boquilla.
  - b) Presa Francisco I. Madero (Las Virgenes).
- 2. Presa Derivadora.
  - a) Ojo Caliente.
- 3. Presa Reguladora.
  - a) Colima.

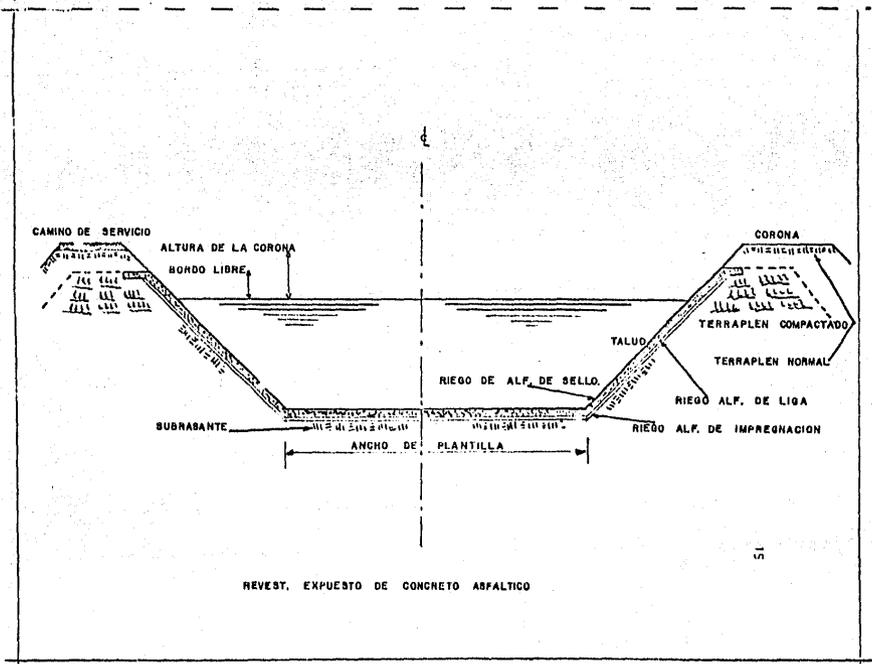
### I.3.- TIPOS DE REVESTIMIENTOS ASFÁLTICOS.

#### I.3.1.- Clasificación de los Revestimientos Asfálticos.



#### a) Revestimiento Asfáltico Expuesto para Canales.

Se consideran todos aquellos revestimientos que están ex- -  
puestos al uso, a la erosión y deterioro por el agua corriente, tam-  
bién están expuestos a la carga de los elementos de operación y mante-  
nimiento, y otras causas como el tránsito de ganado. Esta categoría-  
incluye todos los revestimientos de superficie dura.



I.3.1.a1.- Revestimiento Expuesto de Mortero Asfáltico.

Los revestimientos de este tipo se construyen rociando neumáticamente una mezcla de arena fina y emulsión asfáltica sobre la subrasante, a veces se agrega una pequeña cantidad de cemento portland a la mezcla.

Este método se puede usar con ventaja para cubrir superficies muy rugosas, donde no es práctico usar el equipo de molde deslizante, se puede usar para reparar otros revestimientos.

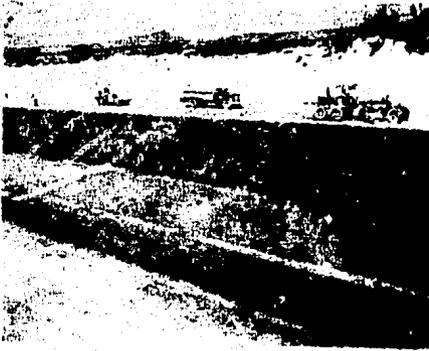
El revestimiento de mortero asfáltico es un tipo de mezcla en frío.

Se requiere de equipo especial y trabajadoras hábiles, es de lenta aplicación y un alto costo, por lo tanto no se recomienda su uso, sólo en casos especiales.

I.3.1.a2.- Revestimiento Expuesto de Membrana Asfáltica Prefabricada.

Se usa en canales pequeños o en tramos cortos de grandes canales donde el uso del concreto asfáltico o de otros materiales asfálticos, se requiere de personal hábil y equipo especial.

El tipo más reciente de material asfáltico prefabricado pa



REVESTIMIENTO DE CONCRETO  
ASPALTICO



ra revestimientos expuestos, consiste esencialmente en una hoja de - media pulgada de espesor fabricado en secciones de 0.90 a 1.20 m. de ancho y de 7.50 m. de largo.

Esta hoja se hace usando un tipo de construcción de emparejado, que consiste en un corazón de asfalto armado con un filtro saturado de asfalto en uno de los lados, además de una cubierta protectora sobre el lado expuesto.

Este material se coloca sobre una subrrasante planchada y esterilizada sin necesidad de equipo especial o mano de obra experimentada. Las hojas adyacentes se juntan con un traslape de tres pulgadas con cemento a base de mastique. Todas las membranas son susceptibles a sufrir daños fácilmente y puede resultar inservibles. - Los objetos agudos o el tránsito de animales son perjudiciales, también pueden ocurrir daños cuando se deja que fluya el agua por debajo del revestimiento debido a uniones defectuosas o falta de mantenimiento adecuado y a tiempo.

Este tipo de revestimiento permite velocidades tan altas - como cualquier revestimiento rígido.

I.3.1.a3.- Revestimiento Expuesto de Concreto Asfáltico Mezclado en Caliente.

Este revestimiento consiste en una mezcla cuidadosa y con-

trolada de cemento asfáltico y agregados graduados que se mezclan y coloca a temperaturas elevadas. Este tipo de mezcla se utiliza también para reparaciones en revestimiento de concreto hidráulicos deteriorados.

Es deseable obtener alta densidad y por eso debe de tenerse cuidado en el grado de compactación. El espesor del revestimiento varía de 5 a 10 cm. y en reparaciones el espesor puede ser de 5 cm.

Los revestimientos de concreto asfáltico se colocan más fácilmente utilizando formas deslizantes, debido a la economía resultante de este proceso constructivo y a la uniformidad en densidad elevada.

#### I.3.1.a4.- Revestimiento Expuesto de Concreto Asfáltico Mezclado en Frío.

Este tipo de revestimiento es semejante a los revestimientos en caliente, mencionados anteriormente en el sentido de que el asfalto y los agregados se mezclan en la obra y se compactan en el lugar, sin embargo el asfalto que se usa en la mezcla es de tipo líquido o consiste en una emulsión asfáltica, y se coloca como mezcla en frío, se necesita largo tiempo y condiciones de clima favorables para su curación.

Las mezclas en frío son más fáciles de colocar que las mezclas en caliente, pero tienen varias desventajas, cuando se usan para revestimientos de canales, algunas mezclas en frío permanecen suaves por un periodo de tiempo indefinido, en tanto que otras mezclas en frío se contraen durante su curación produciendo varias grietas.

Esta clase de revestimiento tiene baja resistencia a la erosión y una pobre estabilidad, hasta la fecha se han hecho experimentos satisfactorios muy limitados, por lo tanto el concreto asfáltico en frío no es muy recomendable.

#### I.3.1.a5.- Revestimiento Expuesto de Macadam Asfáltico.

Los revestimientos de macadam asfáltico consisten en una capa de agregados relativamente gruesos de graduación abierta penetrados en un asfalto para formar una superficie resistente a la erosión, aún cuando sea flexible, hasta la fecha este tipo de revestimiento se ha usado experimentalmente habiéndose investigado varios factores en la instalación, como son el espesor del macadam, cantidad y tipo de asfalto, técnicas de aplicación, métodos de colocación de los agregados, tipos y granulometría de los mismos, taludes, etc.

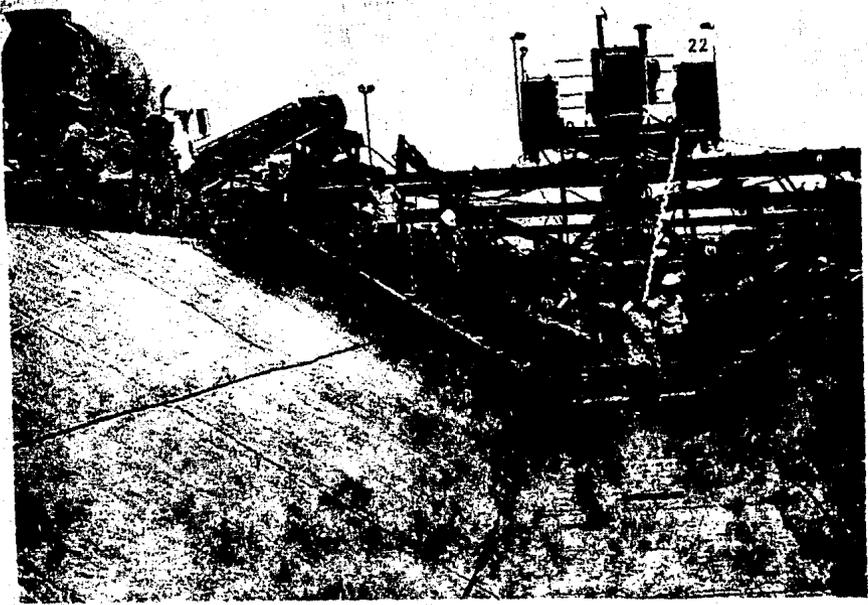
Es difícil y poco práctico construir revestimientos de macadam que sean suficientemente densos para ser muy impermeables, sin el uso excesivo de asfalto. Algunas veces se han ensayado con poco éxito el empleo de una cubierta de arena de sello sobre la superficie.

El macadam asfáltico, si se usa solo no es material práctico para revestimientos impermeables de un canal, sin embargo se puede usar para obtener un revestimiento poroso resistente a la erosión y - que permita el libre drenaje del agua de la subrasante para prevenir algunas subpresiones hidráulicas, (destructoras) por lo tanto, su uso es particularmente adoptable al revestimiento de cauces y avenidas y cunetas de drenaje, también se puede usar el macadam asfáltico como - cubierta protectora para revestimiento de membrana asfáltico enterrada. En esta forma se elimina una parte de sobreexcavación requerida para una cubierta de tierra y grava.

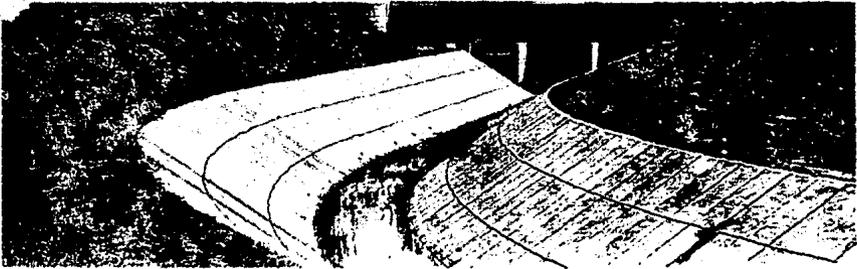
I.3.1.a5.- Revestimiento Expuesto de Membrana de Riego de Impregnación.

Este revestimiento se construye tratándose la subrasante - con aceite comestible o destilado ligero (impregnado ó penetrado) y - colocando posteriormente una membrana superficial de asfalto sobre el suelo estabilizado. Después de un corto periodo de curación para formar en la superficie una membrana que quedará expuesta, se rocía cemento asfáltico en caliente por asperción y de grado de penetración - alto adicionándose con un 10 a un 20 % de tierra diatomacea, para formar una membrana expuesta.

La mayor parte de estos revestimientos tienen poca duración y no son muy recomendables solo en caso de emergencia o especiales.



REVEST. DE CONCRETO HIDRAULICO EXPUESTO PARA CANALES.



b) Revestimiento de Membrana Asfáltica Enterrada o Sepul-  
tada.

Consiste principalmente de una membrana de espesor aproximadamente de 6 mm. compuesto de un asfalto especial, de alto punto de fusión colocado por aspersión a altas temperaturas (205°C, sobre una sub-rasante preparada de manera de formar una barrera impermeable, que esté protegida por una capa de tierra y grava. También se puede usar otro tipo de cubierta protectora como son gunita, macadam asfáltico, y en algunos casos con concreto hidráulico simple.

1.3.1.b1.- Revestimiento de Membrana Asfáltica Enterrada en Ca-  
liente.

Las membranas asfálticas enterradas aplicadas en caliente son revestimientos más herméticos desarrollados hasta ahora, y pruebas recientes en este tipo de revestimientos indican un alto grado de efectividad en los mismos, además otras ventajas adicionales a estos revestimientos son su bajo costo inicial, que es un tercio o la mitad del costo de un revestimiento de superficie dura, también su gran adaptabilidad para colocarse en frío o humedad, y la posibilidad de aplicar grandes cantidades con equipo móvil muy sencillo, las dos últimas posibilidades representan muchas ventajas en los distritos ya operando (en los E. E. U. U.), donde los trabajos en los canales deben hacerse rápidamente en periodos cortos entre la temporada de riesgo y en ocasiones cuando el tiempo no permite la colocación de otro -

de revestimiento.

24

Es muy recomendable este tipo de revestimiento.

I.3.1.b2.- Revestimiento de Membrana Asfáltico Prefabricada Enterrada.

Este tipo de revestimiento, es más fácil de construir que el anterior sobre todo en trabajos pequeños que no se justifiquen económicamente los gastos de flete y manejo de asfalto en caliente, son solo algunas de las ventajas señaladas. también otra ventaja es su colocación pues solo se necesita un mínimo de personal y equipo.

Los revestimientos prefabricados más delgados son de (3 a 6 mm) están diseñados para manejarse y colocarse de manera muy parecida a la de un techo enrollado con juntas traslapadas y pegadas con mas\_tique a base de cemento, en este caso también se prepara la subbrrasan\_te y se coloca su cubierta protectora al último.

I.4.- CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO PARA REVESTIMIENTO DE CANALES (EXPUESTOS)

Puesto el costo de un revestimiento de superficie dura, generalmente representa un alto costo total de construcción de un canal revestido, la sección más económica es aquella que requiere un menor perímetro, un semicírculo tiene un perímetro para un área dada, pero no es práctico ni fácil su construcción pues sus porciones superiores son casi verticales.

Por experiencia se ha visto que los taludes más satisfactorios para la mayoría de los canales grandes, por consideraciones de construcción como de mantenimiento, son alrededor de 1.5:1 pueden hacerse taludes menores en canales pequeños en donde los materiales del suelo no tienen problemas de estabilidad.

Las secciones de canales revestidos con revestimiento de superficie dura se diseñan generalmente con una relación de plantilla a tirante de 1 a 2, los canales pequeños normalmente tienen una relación cercana a uno en tanto para canales grandes esta relación puede exceder a 2.

I.4.1.- SUB-RASANTE.

Uno de los requisitos principales para el éxito de la mayoría de los revestimientos de superficie dura es una cimentación firme.



TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE Y TERRAPLENES.



El residente de la obra debe cuidar y checar la compactación de la plantilla, terraplenes y rellenos y ver que se cumplan las especificaciones de compactación que no debe ser menor del 95% - proctor.

Como es importante que se dé la compactación especificada, el residente deberá hacer pruebas de compactación auxiliado por el laboratorio .

En el capítulo II se describen las pruebas proctor y porter

Los suelos inalterados en ocasiones son satisfactorios para recibir un revestimiento sin tratamiento especial .

Suelos naturales " In Situ " de baja densidad deben ser compactados o removidos y sustituidos por materiales adecuados, - donde no sea práctico hacerlo como en tramos que atraviesan estratos profundos de loes ( lomas de arena ) puede ser aconsejable el uso de concreto u otro revestimiento de tipo rígido .

Las arcillas expansivas generalmente de peligro extremo para los revestimientos de tipo rígido debido a su tendencia a romper el revestimiento .

Sus movimientos diferenciales además de la inestabilidad de sus partículas, se suman a los defectos perjudiciales de estos - suelos expansivos. Si es posible deben evitarse el uso de revestimientos de superficie dura sobre suelos expansivos.

Las arcillas varían tanto en sus características como en la presión requerida para evitar la expansión. La expansión puede ser de  $7 \text{ Kg/cm}^2$  y en algunos casos se presentan valores superiores a --  $1000 \text{ Kg/cm}^2$ .

Si la arcilla que se encuentra puede controlarse cargando la superficie con un suelo no expansivo compactado, el revestimiento puede colocarse sobre este último, obteniéndose resultados satisfactorios.

En forma similar si la arcilla expansiva es de espesor reducido puede ser económico excavar para retirar esa arcilla reemplazándola con grava.

La sobre excavación de más de 60 cm. ha sido práctico hasta ahora, pero el espesor de la arcilla y su tipo influirán necesariamente sobre la magnitud de la excavación requerida.

Ocasionalmente un canal proyectado para revestirse con superficie dura puede atravesar un tramo de arcilla expansiva sin que sea posible otra alternativa de localización u otro tipo de construcción, entonces se deben de considerar las experiencias al respecto.

El sistema de construcción que se puede utilizar cuando se encuentra arcilla expansiva según las experiencias en el distrito de la cuenca de "Weber" en Utah en el Canal Gateway han resultado satis

factorias en los 4 años que lleva construido.

En la sección de sobre-excavación se coloca en la superficie una membrana asfáltica cuya superficie se cubre posteriormente con una capa de material consolidado sin problemas de drenaje para formar la base del revestimiento (sub-rasante).

Otro método usado con éxito en el Canal Friant - Kern en el distrito del Valle Central en California, fue la colocación de un revestimiento asfáltico sepultado sobre las terracerías, antes de colocar el revestimiento de superficie rígida.

Ambos tratamientos tienen diversas aplicaciones pero debido a la variabilidad de suelos y otras condiciones, no siempre proporciona una protección adecuada contra movimientos del agua, los dos métodos son costosos, y hubo diferencia en ambas situaciones, en el primer tratamiento la localización enfrentaba el problema simultáneo del agua en el canal y presiones externas en lentes arenosas dentro de la arcilla. En tanto que en el segundo tratamiento sólo se tenía agua en los dos lados del canal.

Actualmente se están desarrollando pruebas extensas para determinar la posibilidad de utilizar láminas de plástico (cloruro de polivinilo) bajo el concreto, para obtener condiciones extremas de hermetismo, como una alternativa para el tipo de construcción, -

cuando haya arcillas expansivas.

Frecuentemente se encuentran rocas de diversos tamaños al hacer excavaciones para canales de superficie dura. Se ha utilizado la junta para cubrir la superficie de tales excavaciones con cierto éxito. La preparación usual de las terracerías es sobreexcavar más allá del espesor de las rocas y rellenar con material compactado el cual se afina y de acuerdo a las líneas requeridas para recibir el revestimiento. Se recomienda un espesor mínimo de 3 pulgadas para este relleno y se considera un promedio de espesor práctico de 12 a 13 cm. debe tenerse cuidado en la selección del material de relleno para colocarse sobre roca fracturada, debido al peligro de arrastrar las partículas finas hacia los vacíos de las fracturas, perdiéndose apoyo para el revestimiento.

#### I.4.2.- Terraplenes.

Para proporcionar caminos de operación y estabilidad adicional a los terraplenes compactados se acostumbra colocar terraplenes sueltos encima de la corona y de los taludes exteriores de los canales. El material inadecuado debe eliminarse de tales terraplenes no compactados.

Las especificaciones para terraplenes compactados deben de

establecer que después de que el bandeado necesario se ha realizado en las superficies de las terracerías, esta debe recibir un pasu de arado a profundidad no menor de 15 cm. humedeciéndose y compactándose - posteriormente. Los materiales para terraplén deben colocarse con - el contenido de humedad específica y compactarse a la densidad espe- cífica en capas no mayores de 15 cm. de espesor.

La densidad del suelo seco en el material compactado no de berá ser menor de 95 % de la densidad máxima del laboratorio determi nado pro el método proctor. El contenido de humedad óptima requeri- da para obtener esta densidad en el material colocado debe también - especificarse.

El material cuando es distribuido y compactado debe ser - homogéneo y libre de lentes de vacíos. El ancho de la corona del te rraplén compactado varía con el tamaño y localización del canal, ti- po de revestimiento y otros factores pertinentes, pero generalmente es de 60 a 120 cm. para canales con capacidad máxima de  $2.8 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y de 1.80 a 2.40 m. para canales mayores. En talud exterior del te rraplén compactado normalmente se especifica de 1 a 1, como mínimo.- Las operaciones de colocación usualmente requieren un talud más acogado pero el señalado puede considerarse adecuado para material se- lecto.

En previsión de que el revestimiento pueda fallar en luga-

res aislados o pueda desarrollar infiltración con la edad, el terraplén compactado debe ser de un suelo seleccionado y susceptible de resistir una carga de agua sin fallar.

#### I.4.3.- Rellenos.

Cuando el relleno parcial de un canal existente es necesario para la reducción del área de la sección transversal a la forma y tamaño requerido, (determinado tramo), dicho relleno debe compactarse a un grado tal que los asentamientos subsecuentes no rompan el revestimiento. El grado de compactación requerido varía según : El tipo de suelo, materiales en el sitio, espesor del relleno y tipo de revestimiento a usarse. Estos factores deben recibir consideración especial para cada instalación de este tipo. Las especificaciones para la compactación del relleno prácticamente deben de ser los mismos que para terraplenes compactados, excepto en el caso de algunos grandes canales, usualmente es más barato colocar el revestimiento sobre la sección existente que disminuirla por medio de un relleno parcial.

#### I.4.4.- Drenaje de la Sub-rasante.

Un problema potencial en cualquier tipo de revestimiento de un canal es el drenaje inadecuado de la sub-rasante, en el caso en donde el nivel de aguas freáticas es más alto que el nivel del agua del canal, la subpresión hidrostática puede ser suficiente para

romper el revestimiento o empujar y desprender grandes tramos, cuando es inevitable que ocurran estas condiciones, se deben tomar medidas preventivas, se pueden colocar drenes de tubos debajo del revestimiento para conducir el agua en exceso o filtrada lejos del canal o se pueden instalar drenes debajo del revestimiento con sólidos diseñados para impedir el flujo de retorno.

En regiones donde pueden ocurrir heladas, el sistema de drenaje interior debe diseñarse para que sea efectivo aún en épocas de frío intenso, porque en las heladas se pueden tener las presiones hidrostáticas más intensas.

Es importante la posición de la plantilla del canal con respecto a la capa friática. En clima frío la plantilla debe tener cuando menos 90 cm. arriba del nivel friático para evitar desplazamiento por congelación y deshielo, excepto en formaciones gravosas con drenaje libres, en cuyo caso tal requisito no es necesario. El peligro mayor existe en limos u otros suelos altamente susceptibles a la congelación, especialmente en áreas con frecuentes ciclos de congelación y deshielo.

#### I.4.5.- Taludes.

La experiencia ha enseñado que los taludes más verticales o escarpados que se pueden o deben usar en grandes canales son 1.5:1 en canales pequeños si los materiales del suelo son estables, es pc-

sible usar taludes más escarpados o verticales algunas veces, el uso de taludes más verticales de los que se recomienda, pueden aumentar las dificultades de construcción y mantenimiento.

#### 1.4.6.- Bordo Libre y Altura del Banco.

Se debe proporcionar bordo libre adecuado para los canales revestidos con asfalto para prevenir que la parte superior del revestimiento quede sumergida y evitar posibles daños futuros. Los factores que normalmente se consideran para determinar el bordo libre son el tamaño del canal, la velocidad de la corriente, la curvatura del alineamiento, la acción del viento, el oleaje y las fluctuaciones de la superficie del agua cruzados por los métodos de operación previstas. El bordo libre normalmente varía de 15 cm. para canales pequeños y a más de 60 cm. para canales grandes.

La altura de la corona arriba de la parte superior del revestimiento se debe considerar también, normalmente se usa una altura de 30 a 60 cm., sin embargo, se puede usar mayores alturas de banco, cuando existe exceso de material de excavación, se debe tener cuidado de evitar la construcción de bancos excesivamente altos, lo que resultaría un aumento de costos de mantenimiento o el peligro del deslizamiento del banco.

Con frecuencia se dispone una banqueta al nivel de la parte superior del revestimiento por conveniencia durante la construcción

el ancho de la banquetta que se necesita depende de los métodos de construcción y del tipo de maquinaria que se va a usar.

#### I.4.7.- ALINEAMIENTO Y RASANTE

Las exigencias de las especificaciones respecto a la alineación y a la rasante deben ser tan liberales como permita su compatibilidad con las buenas prácticas de ingeniería para las condiciones de operación del canal. Las tolerancias permitidas (del Bureau Reclamation) para revestimientos, en alineación hasta 10 cm. en curvas y de 5 cm. en tangentes y 2.5 cm. en rasante.

Estas generosas tolerancias permiten el uso efectivo de maquinaria tanto montada en rieles como en formas deslizante guiadas por terracerías, cuyo éxito ha sido definitivo en costos más bajos en revestimientos, deben evitarse cambios bruscos de entrantes y salientes en alineamiento y rasante.

#### I.4.8.- VELOCIDAD PERMISIBLE

La velocidad permisible de la corriente está relacionada con la resistencia del revestimiento a la erosión, la velocidad máxima que se recomienda para revestimientos rígidos asfálticos es de 1.5 m/seg.

para una velocidad de 1.5 m/seg , debemos darle al canal una pendiente de 0.12 al millar (12cm. al millar)

El gasto del canal es de 70 m/seg. y va a ser constante casi todo el año.

La siguiente tabla nos muestra el gasto el espesor y el bordo libre del canal según su capacidad.

Gasto en m/seg	espesor	bordo libre
0-- 0.5	5 cm	15cm
0.5--1	5 "	20 "
1-- 2	5 "	25 "
2--3	6 "	25 "
3--4	6 "	30 "
4--10	7 "	30 "
10--20	8 "	35 "
20--40	10 "	40 "
40--60	10 "	50 "
60--100	10 "	60 "

El coeficiente de rugosidad que se usa para el diseño de canales representa una evaluación del grado de rugosidad de la superficie del revestimiento y de su efecto retardador sobre el movimiento del agua. El coeficiente no debe basarse en el grado de acabado original dado en la superficie del revestimiento sino más bien a la superficie que existirá después de algunos años de operación.

El coeficiente de rugosidad "N" recomendado para usarse en la fórmula de Manning para el diseño de diferentes tipos de revestimiento está dada a continuación :

Tipo de Revestimiento "N"

a) Revestimiento de concreto hidráulico	0.014
b) Revestimiento de gunita	0.016
c) Revestimiento de concreto asfáltico (colocado con máquina)	0.014
d) Revestimiento de concreto asfáltico (colocado a mano)	0.016
e) Mortero asfáltico aplicado neumáticamente	0.017
f) Revestimiento de asfálticos prefabricados	0.015

Fórmula de Manning

$$C = \frac{R^k}{N}$$

#### I.4.10.- Asentamientos y Sismos.

Los datos recibidos y opiniones de ingenieros indican que hay algunas ventajas de flexibilidad si se usa concreto asfáltico en lugar de materiales de mayor rigidez, ésta ventaja puede ser de particular significación donde se preven calamidades debido a asentamientos por sismo o a otros movimientos, el concreto asfáltico cederá y se adoptará a una nueva superficie, donde el asentamiento o movimiento sean de magnitud razonable, los desalojamientos grandes y repentinos pueden romper el revestimiento, sin embargo es mucho más fácil y económico reparar un revestimiento de concreto asfáltico que uno de concreto hidráulico.

Las propiedades de estructuras de cemento pobre y de concreto asfáltico, muestran en sus exámenes, datos de la formación a la ruptura del concreto asfáltico es de 13 a 162 veces mayor que la de diversas mezclas de cemento pobre, por ejemplo una mezcla de suelo cemento.

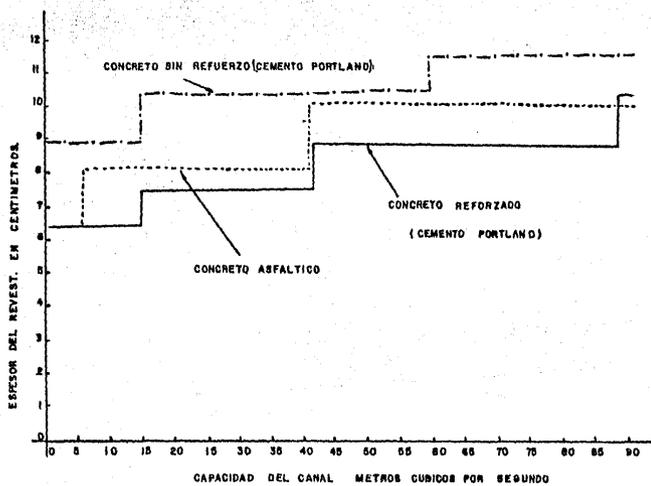
También se puede señalar que la formación a la ruptura de una mezcla de concreto asfáltico varía con la temperatura y dureza del asfalto de liga.

#### I.4.11.- Espesor del Revestimiento.

En la gráfica que se muestra a continuación se puede ver -

los espesores usados normalmente para varios revestimientos de superficie dura, basados en la capacidad del canal. Si se espera un deterioro de la superficie en un clima frío, tales espesores deben aumentarse y tomarse cierta holgura por la rugosidad incrementada resultante de ese deterioro.

El incremento del espesor puede también justificarse si se esperan cargas por hielo.



ESPEORES DE REVESTIMIENTOS DE SUPERFICIE DURA PARA CANALES  
 (TOMADO LIBRO OBRAS HIDRAULICAS DE FRANCISCO TORRES H.)

## I.5.-

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL REVESTIMIENTO DE  
CANALES DE CONCRETO ASFALTICO MEZCLADO EN CALIENTE.

Hacemos principal énfasis en este tipo de revestimiento - porque fue el que se utilizó en el distrito 05 en Ciudad Delicias - Chihuahua, el cual es motivo de ésta tesis.

Este tipo de revestimiento consiste en una mezcla de cemento asfáltico y agregados pétreos bien graduados, calentada a altas - temperaturas para su colocación, además de usarse como material de - revestimiento de superficie para canales, también se utiliza como material para recubrir revestimientos de concretos deteriorados. Los requisitos para el revestimiento básicamente son : que tenga una estructura adecuada, de alta impermeabilidad y que tenga suficiente tenacidad para soportar las operaciones de limpieza, los puntos esenciales que deben considerarse en el diseño son:

## I.5.1.-

Diseño de Mezcla.

La experiencia ha enseñado que un cemento asfáltico de penetración de 40, 50, 60 y 70 es la más adecuada para las prácticas - de revestimiento que se hacen hoy en día.

El contenido de cemento asfáltico en los revestimientos para canales es del orden del 7 al 10 % por peso, es bastante más alto

que al de los materiales asfálticos para caminos, el cemento asfáltico con grado de penetración relativamente bajo también son estables en los taludes, pero aun así retienen suficiente flexibilidad para ajustarse a ligeras deformaciones de la sub-rasante, las mezclas más densas dan mejor servicio en climas cálidos.

Se deben considerar muchos factores en el diseño de mezclas para el diseño de revestimiento asfáltico, la mayoría de dichos factores se puede evaluar mejor por pruebas en el laboratorio.

Las mezclas de concreto asfáltico deben tener un alto grado de manejabilidad en caliente para permitir su colocación rápida y eficiente con moldes deslizantes y otro tipo de máquinas pavimentadoras, los revestimientos de concreto asfáltico deben ser altamente impermeables y tener una superficie relativamente lisa. Para asegurar una impermeabilidad se requiere una mezcla con menos del 5% de vacíos.

Una mezcla diseñada correctamente debe tener agregados sanos.

En la selección de los agregados, quedan comprendidas las consideraciones siguientes :

Límites granulométricos de los agregados que se emplearán en la elaboración de concreto asfáltico, en el canal del distrito 05 en Delicias, Chihuahua.

MALLA CUADRADA	POR CIENTO QUE PASA LA MALLA, EN PESO	TOLERANCIAS EN LA GRANULOMETRIA DE-DISEÑO .	
ABERTURA EN MM	DESIGNACION	TAMAÑO MAXIMO 19.05 mm (3/4")	
19.050	3/4"	100	
12.050	1/2"	95 - 100	<u>+ 4</u>
9.520	3/8"	85 - 95	<u>+ 4</u>
4.760	No. 4	60 - 80	<u>+ 2</u>
2.000	No. 10	40 - 55	<u>+ 2</u>
0.840	No. 20	30 - 45	<u>+ 2</u>
0.420	No. 40	25 - 35	<u>+ 2</u>
0.250	No. 60	20 - 30	<u>+ 2</u>
0.149	No.100	15 - 25	<u>+ 1</u>
0.074	No.200	8 - 15	<u>+ 1</u>

NOTA: El contenido de cemento asfáltico podrá variar en +0.3 del por ciento fijado en la mezcla de diseño. El contenido de finos es elevado debido a los bancos de explotación, San Ignacio y Ojo Caliente, este último contiene muchos finos .

La gráfica anterior muestra el espesor recomendable para - revestimientos de concreto asfáltico, cuando el espesor compactado - del revestimiento tiene 7.5 cm. o más, el revestimiento debe colocarse en dos capas el concreto asfáltico que se usa como material de recubrimiento para reparar un revestimiento deteriorado usualmente se coloca un espesor de 5cm., en casos especiales el revestimiento debe ser tan grueso como sea necesario para el uso y los esfuerzos esperados.

Cuando el revestimiento se coloca en dos capas las juntas en la capa superior se deben traslapar 30 cm. por lo menos, con respecto a las juntas de la capa interior, en esta forma se tiene una mejor junta hermética e impermeable que resista mejor los esfuerzos y la presión del agua. Todas las juntas deben quedar completamente unidas y se debe tener cuidado para conseguir una unión hermética que asegure la impermeabilidad, una superficie lisa proporciona también mejores cualidades hidráulicas, se debe tener cuidado extremo con las juntas frías, una herramienta adecuada para ese propósito es un calentador infrarrojo para juntas.

Las juntas de unión entre un revestimiento de concreto asfáltico y la estructura del cemento portland se debe sellar cuidadosamente usando un compuesto asfáltico en la junta se puede obtener una liga mejor si se aumenta el espesor del revestimiento.

#### I.5.4.- Refuerzo.

El uso de refuerzo de malla de alambre en revestimiento de concreto asfáltico se recomienda solo en casos especiales.

La experiencia ha mostrado que en algunos casos el refuerzo ha causado fracaso parciales debido a la diferencia de dilatación por temperatura entre el alambre y el asfalto.

#### I.5.5.- Filtros.

Un filtro consiste en una capa porosa de concreto asfáltico, se usa como material de apoyo en un revestimiento de concreto asfáltico impermeable, donde las condiciones justifican su uso.

El filtro se compacta al 90 % de índice proctor de la densidad de laboratorio. Los filtros construidos con concreto asfáltico y con otros materiales asfálticos se han usado principalmente en Europa Occidental en el revestimiento de canales de energía eléctrica y de navegación.

#### I.5.6.- Estabilidad.

La estabilidad requerida para el revestimiento de un canal en un talud es solo la necesaria para asegurar que no fluya hacia -

Para saber que talud darle a un canal hay que hacer ensayos o pruebas en circunstancias semejantes a las que se encuentran en el talud de un canal. En algunos casos es deseable instalar secciones de ensayo con mezcla de diferentes estabilidades.

Para determinar los valores para las especificaciones de construcción.

#### I.5.7.- Impermeabilidad

Un alto grado de impermeabilidad es requerida fundamentalmente de los revestimientos de concreto asfáltico como se exige en todos los canales.

Los revestimientos de concreto asfáltico se pueden hacer impermeables por un diseño apropiado de la mezcla y una compactación adecuada durante la colocación, en el proceso de revestimiento es preciso mantener un control de la impermeabilidad dando una atención especial a la composición de la mezcla y a la compactación.

En revestimientos de concreto asfáltico usados para presas y canales, se dice que una mezcla con bajos contenidos de vacíos es menos permeable.

## I.5.8.-

Problemas de Desarrollo de Hierbas.

Las hierbas son un problema potencial en el revestimiento de concreto asfáltico, cuando se presentan ciertas condiciones favorables a su desarrollo. Aun cuando hasta la fecha no se han presentado dificultades serias en las instalaciones existentes, se considerará que el desarrollo de las hierbas es favorecido por la mayor absorción de calor de la superficie negra. Son favorables para el desarrollo de las hierbas los siguientes puntos:

- a) Contaminación de la sub-rasante con semillas de hierbas o rizoma de plantas perenne en la época en la que se hace el revestimientos.
- b) Condiciones de humedad de la sub-rasante favorables a la germinación de semillas o crecimiento de hierbas.
- c) Temperatura ambiente o del revestimiento favorable al desarrollo de hierbas, mantenida por períodos apreciables.

Cuando este revestimiento se hace en regiones anteriormente regadas o sobre canales viejos, donde hierbas como tules, cola de gato o mimbreras están firmemente arraigadas, es necesario el tratamiento de la sub-rasante con un estelirizador de suelo.

Tal tratamiento aumentará el costo del revestimiento pero-

en promedio; el costo adicional de material y su aplicación generalmente sale barato.

Como esterilizadores de suelos se han utilizado el - - - Pentacloroferol en destilados de aceites y compuestos de clorato y - Boro, en soluciones acuosas. Para este fin puede recomendarse la aspersión de Policlorato de Boro en solución acuosa, directamente a la sub-rasante, antes de la colocación del revestimiento.

La esterilización adecuada ordinariamente se logra con la aplicación de un equivalente de 270 gramos de esta substancia en polvo, por metro cuadrado tratado.

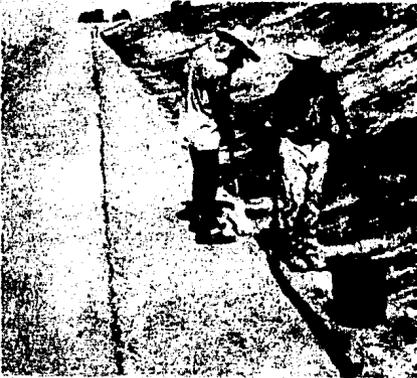
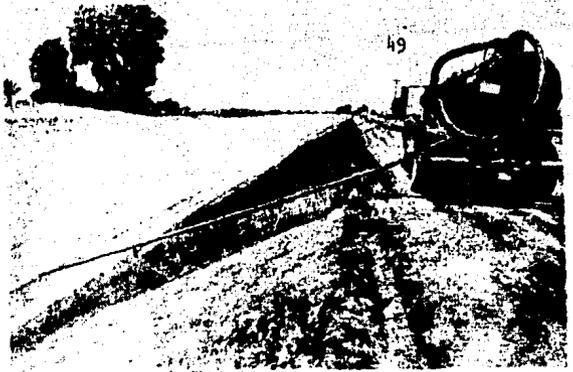
#### I. 5.9.- Película de Penetración.

Antes de la colocación de un revestimiento de concreto asfáltico sobre la sub-rasante es necesario y aconsejable aplicar sobre los taludes particularmente, un riego de penetración que forme - una película adhesiva sobre la superficie del suelo. Sobre los taludes tendidos se puede usar asfalto de grado suave o asfalto rebajado de alta viscosidad y en taludes escarpados frecuentemente se requiere asfalto de grado más duro.

#### I. 5.10.- Película Adhesiva.

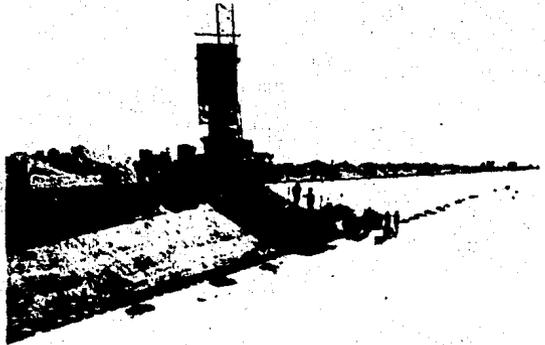
En la construcción de un revestimiento se requiere el ter

RIEGO DE ESTERILIZANTE



COLOCANDO ASFALTO PARA LA UNION  
PLANTILLA TALUD.

COLOCANDO ASFALTO EN EL  
TALUD.



dido de capas sucesivas, usualmente se aplica una película adhesiva de asfalto entre las capas con el propósito de pegarlas y sellarlas. El asfalto de película adhesiva puede ser una emulsión asfáltico ten dido por un distribuidor rociador a presión.

I.5.11.- Compactación del Revestimiento de Concreto Asfáltico.

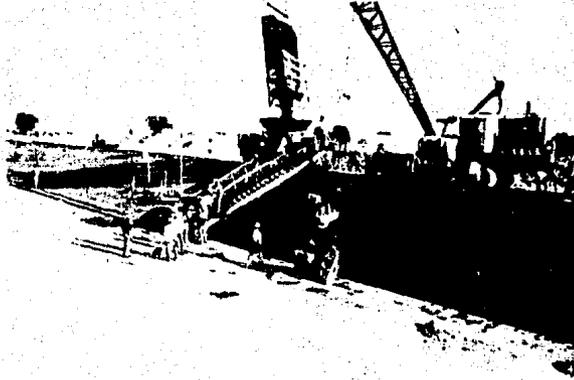
Como la densidad del revestimiento debe ser alta, se debe tener cuidado de alcanzar un alto grado de compactación.

La densidad usualmente especificada es del 97 % de la densidad alcanzada en el laboratorio por el método Marshall, que en el capítulo II se explicará ampliamente.

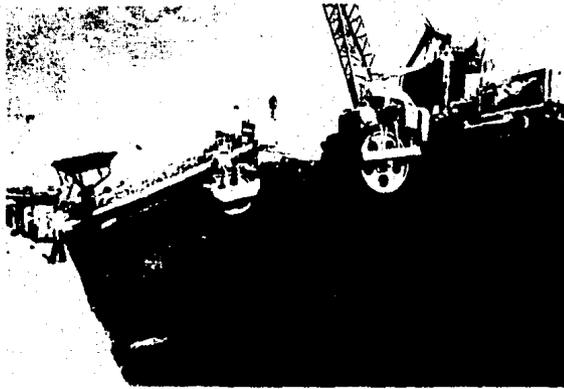
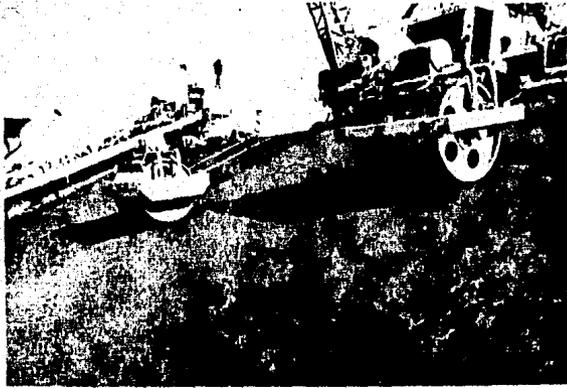
I.5.12.- Daños por Costra de Lodos.

Cuando se deposita una capa gruesa de lodo sobre la superficie de un revestimiento de concreto asfáltico y se deja secar, se contrae en costras de 5 a 10 cm. de longitud, que se adhieren como -hojas secas y desprenden pequeños fragmentos de material asfáltico, -y eventualmente queda una superficie cacariza en el revestimiento.

La profundidad de los hoyuelos es aproximadamente igual al tamaño máximo del agregado de la mezcla.



COMPACTANDO EL TALUD.



Puede suceder lo mismo cuando se depositan algas sobre la superficie de un revestimiento de concreto asfáltico, al nivel de aguas altas de un canal.

La causa probable del daño es la adherencia o incorporación de materiales extraños depositados en la superficie del concreto asfáltico.

La cubierta que se forma con los materiales extraños, resultan costras cuando dicho material se seca, endurece y se contrae.

Los daños por materiales extraños en el revestimiento se pueden reducir usando en la mezcla cemento asfáltico de 50 - 60 ó 60 - 70 de grado de penetración, limitando el material fino de relleno que pasa la criba de malla 200 a un máximo de 10 % , también que la mezcla de concreto asfáltico se prepare, se tienda y compacte apropiadamente.

El efecto de las costras también se pueden reducir previniendo que se depositen capas relativamente gruesas de lodo y que se sequen sobre la superficie del revestimiento del canal.

Los canales se deben inspeccionar periódicamente para determinar donde hay posibilidad de que se acumulen depósitos de limo o lodo, con el objeto de darles mantenimiento preventivo.

**I.6.- COSTOS COMPARATIVOS****I.6.1.- Costos de canales con Revestimiento Expuesto**

Los costos de construcción de revestimientos de canales expuestos , son dados por la S. A. R. H. CON fecha de julio de 1986. Estos costos son por metro cuadrado y incluye el material, mano de obra, y maquinaria.

1.- concreto asfáltico	
10 cm de espesor	\$ 5 657 m
2.- concreto hidráulico	
10 cm de espesor	\$ 1 900 m

En el año de 1979 en que se realizó el concurso para revestir el canal con concreto asfáltico, era mas barato que el concreto hidráulico.

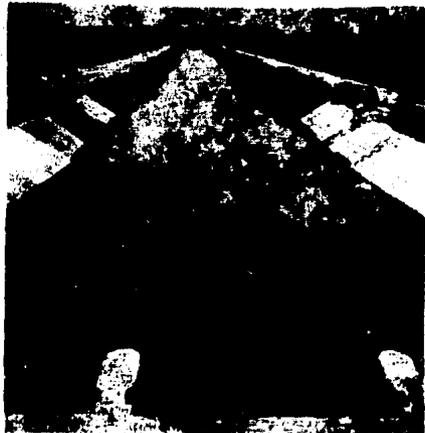
Pero ya en la actualidad sea incrementado mas el costo del concreto asfáltico que el concreto hidráulico por lo tanto ya no resulta costiable.

REVEST. DE CONCRETO  
ASFALTICO.



REVEST. DE CONCRETO HIDRAULICO

REVEST. DE TIERRA.



## CAPITULO II. PRUEBAS Y EQUIPOS DE LABORATORIO

## GENERALIDADES

- II.1. PRUEBAS DE ASFALTO
    - II.1.1. PRUEBA DE PUNTO DE REBLANDECIMIENTO
    - II.1.2. PRUEBA DE PENETRACION
    - II.1.3. PRUEBA DE VISCOSIDAD
    - II.1.4. PRUEBA DEL PUNTO DE ENCENDIDO
    - II.1.5. PRUEBA DE LA PELICULA DELGADA
    - II.1.6. PRUEBA DE DUCTIBILIDAD
    - II.1.7. PRUEBA DE SOLUBILIDAD
  
  - II.2. PRUEBAS DE LOS AGREGADOS
- GENERALIDADES
- II.2.1. PRUEBA EQUIVALENTE DE LA ARENA
  - II.2.2. PRUEBA DESGASTE DE LOS ANGELES
  - II.2.3. PRUEBA DE INTEMPERISMO ACELERADO
  - II.2.4. PRUEBA DE AFINIDAD DEL AGREGADO CON EL ASFALTO

**GENERALIDADES**

II.3	PRUEBA DE COMPACTACION
II.3.1	PRUEBA PROCTOR ESTANDAR
II.3.2	PRUEBA PROCTOR MODIFICADA
II.3.3	PRUEBA PORTER
II.3.4	PRUEBA MARSHALL
II.4	DISEÑO DE LA MEZCLA

CAPITULO II.- PRUEBAS Y EQUIPO DE LABORATORIO.

## GENERALIDADES.

El petróleo crudo obtenido de pozos, se separa en sus constituyentes o fracciones en una refinería, mediante destilación. Posteriormente estos constituyentes se continúan refinando o procesando hasta que se obtengan productos que reúnan ciertos requisitos especificados, dependiendo del tipo de petróleo crudo que se procese. podemos obtener en el proceso de destilación, asfalto, parafinas, aceites, lubricantes, gasolina y kerosina.

El asfalto en realidad se obtiene como un residuo de la destilación debido a que no se evapora ni hierve durante el mencionado proceso de destilación.

El producto obtenido como residuo de la destilación del petróleo crudo, a que se ha hecho referencia, o la temperatura del ambiente, es un material semisólido, negro, pegajoso, altamente viscoso y se le conoce como cemento asfáltico. Este material puede reblandecerse para su manipulación durante las operaciones de construcción, tales como el bombeo a través de tubos y espresos, transporte y operaciones de mezclado con el agregado, cuando las operaciones de construcción han terminado, el cemento asfáltico presenta una acción reversible a su condición normal y funciona entonces como el agente-

que proporciona cimentación, impermeabilidad y durabilidad.

El cemento asfáltico puede hacerse menos viscoso para su -  
uso en la construcción por medio de los siguientes tres métodos :

- a) Por medio de la aplicación de calor.
- b) Disolviendo el asfalto en solventes adecuados.
- c) Emulsificando al asfalto con agua.

## II.1.- PRUEBAS DE ASFALTO.

Las pruebas que generalmente se efectúan en cementos asfálticos para determinar sus propiedades son las siguientes:

### II.1.1.- Prueba del punto de Reblandecimiento (fig. 2).

El reblandecimiento de un cemento asfáltico no tiene lugar a una temperatura definida, sino a medida que la temperatura aumenta se va reblandeciendo gradualmente hasta alcanzar la fluidez de un líquido.

Por esta razón la determinación del punto de reblandecimiento tiene que llevarse a cabo por medio de un método arbitrario fijo, para poder obtener datos comparativos.

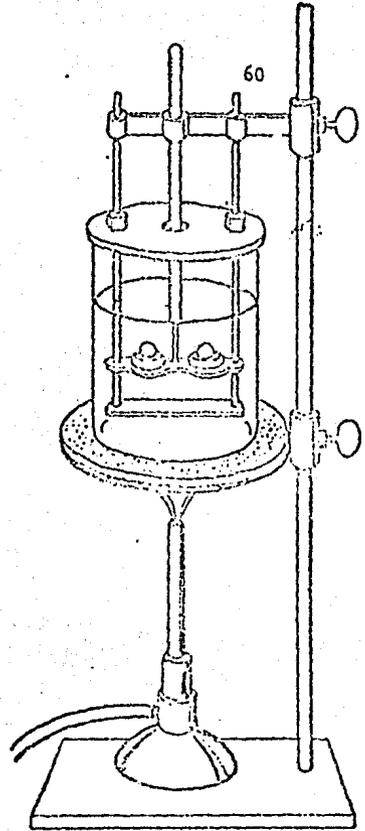
Se coloca el cemento asfáltico dentro de un anillo de latón, se suspende el anillo de latón dentro de un vaso, conteniendo agua o glicerina.

Se coloca una esfera metálica sobre el anillo y se le aplica calor. Según se va calentando el agua o glicerina, la esfera metálica penetra gradualmente en el asfalto.

En el momento en que el asfalto toque la ménsula inferior,

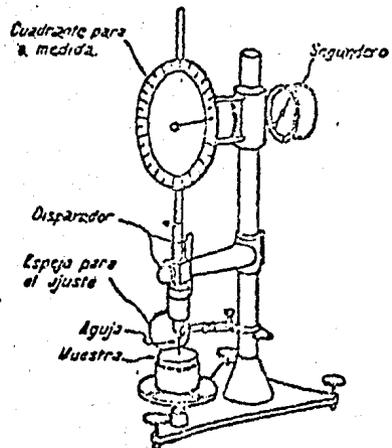
APARATO PARA MEDIR EL PUNTO DE REBLANDECEMIENTO.

( Fig. 2 )



PENETROMETRO

( Fig. 3 )



se determina la temperatura del agua, designando a dicha temperatura como punto de reblandecimiento.

#### II.1.2.- Prueba de Penetración (fig. 3).

La prueba de penetración es una medición empírica de la consistencia del asfalto. La prueba consiste esencialmente en calentar un recipiente, conteniendo asfalto hasta una temperatura especificada (25°C). Se hace penetrar una aguja estandarizada (peso 100 gr.), sobre la superficie del cemento asfáltico, midiendo la distancia que penetra durante 5 segundos.

La penetración es la distancia medida en unidades de 0.1 mm

#### II.1.3.- Prueba de Viscosidad (fig. 4).

El propósito de la prueba de viscosidad es el proveer un control de la resistencia del asfalto en el rango de temperaturas utilizadas normalmente en procedimientos de construcción para medir la viscosidad se hace uso del viscosímetro soybolrfurol.

La prueba consiste en colocar cemento asfáltico en un recipiente especial que contiene un orificio en la parte inferior, dicho orificio se encuentra tapado al inicio de la prueba. Se calienta el recipiente mediante un baño de agua y cuando el material alcanza la

temperatura especificada, se quita el tapón y se mide el tiempo en segundos requeridos, para llenar un recipiente aforado (50 ml.), al tiempo medido en segundos se le denomina viscosidad soybolt - furol.

#### II.1.4.- Prueba del Punto de Encendido (fig. 5).

Esta prueba indica la temperatura a la cual el asfalto puede ser manejado con seguridad sin que se presente una flama instantánea bajo la presencia de una llama de fuego abierto. Esta temperatura es inferior a la de combustión del material.

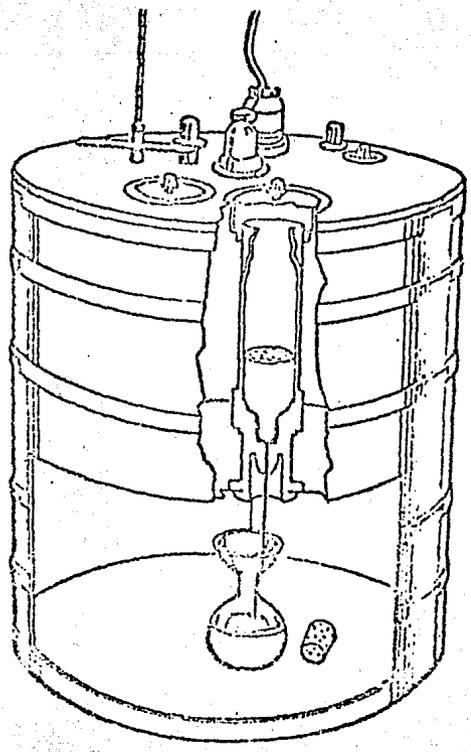
Para determinar el punto de encendido usualmente se utiliza la copa abierta de cleveland, la cual se llena con cemento asfáltico y se calienta con una cierta velocidad de calentamiento; se hace pasar una llama de fuego abierta sobre la superficie del asfalto a ciertos intervalos de tiempo, hasta que han sido liberado los solventes necesarios para producir el flamazo, la temperatura a la que se produjo el flamazo se le conoce como "punto de encendido".

#### II.1.5.- Prueba de la Película Delgada (fig. 6).

Esta no es en realidad una prueba en sí, sino un procedimiento para someter un asfalto a las condiciones de endurecimiento que se asemejan a los que se tendrían durante los procedimientos normales de elaboración de mezclas en caliente. Se efectúan pruebas de penetración antes y después del endurecimiento, la diferencia en -

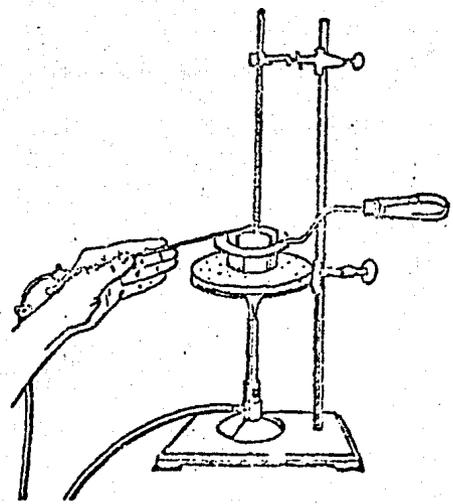
VISCOSIMETRO  
COWBOL/ VUROL

(Fig. 4)



MAGO ABERTO DE CLEVELAND

(Fig. 5)



las penetraciones se considera como una medida de la resistencia del material a cambios debidos al endurecimiento.

El procedimiento de la película delgada consiste en colocar 50 C. C. (centímetros cúbicos) de cemento asfáltico en unos recipientes cilíndricos como los mostrados en la fig.

La capa de asfalto es de aproximadamente 3.2 mm. (1/8"), - los recipientes se colocan en una ménsula rotatoria dentro de un horno con distribución de temperatura uniforme, se hace girar a la ménsula a una velocidad de 5 a 6 r. p. m. (revoluciones por minuto) y - una temperatura de 160°C (325°F) durante 5 horas. Posteriormente se procede a la Prueba de penetración.

#### II.1.6.- Prueba de Ductibilidad (fig. 8)

La ductibilidad en los cementos asfálticos está ligada con el grado de adhesividad de los mismos. Los asfaltos que poseen alta ductibilidad son normalmente más adhesivos que los que no la poseen, - pero por otro lado, un alto grado de ductibilidad significa también - susceptibilidad a los cambios de temperatura, lo que significa que - el cambio de temperatura, lo que significa que el cambio en consisten- cio es relativamente mayor para el cambio de temperatura. En mezclas para pavimentación nos interesa la ductibilidad y la adherencia, pero - en el sellado de grietas lo que nos interesa más, es una baja suscep-

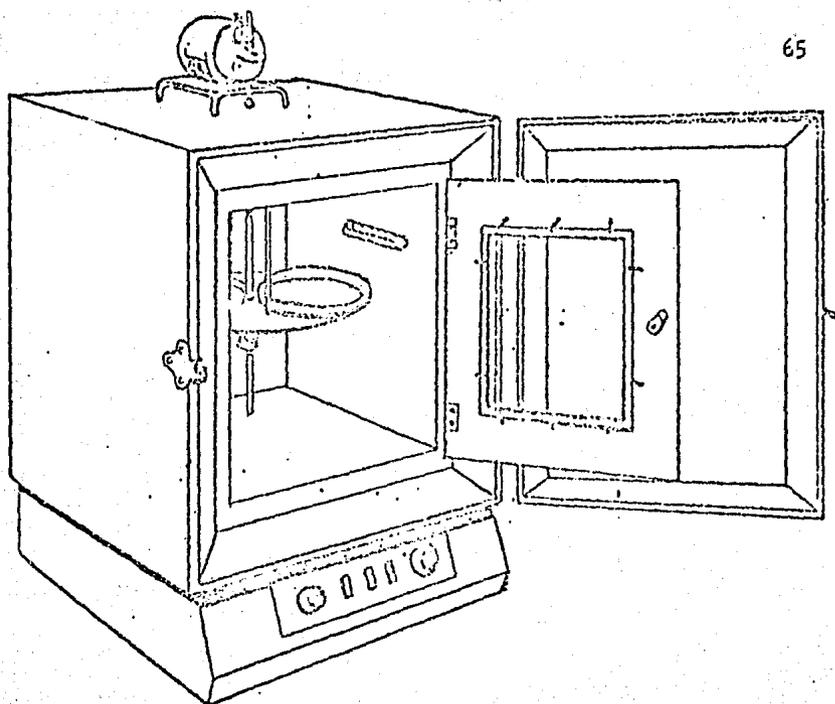


FIG. 6 HORNO PARA LA PRUEBA DE VISCOSIDAD.

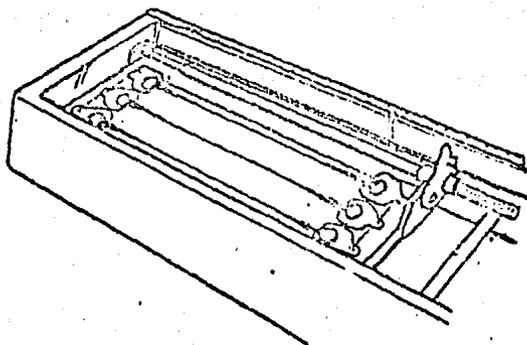


FIG. 8 PRUEBA DE DUCTILIDAD.

tibilidad a cambios de temperatura.

La prueba de ductilidad es una prueba de extensión. Se fabrican unas briguetas que se colocan en unas mordazas dentro de un baño de agua: se pone el baño de agua a una temperatura de 25°C (77 °F). En un extremo de las briguetas se somete al movimiento producido por el desplazamiento de las mordazas correspondientes a razón de 5 cm. por minuto, hasta que se rompe el hilo formado en la brigueta. A la elongación en centímetros, correspondiente al rompimiento se le designa como ductilidad.

#### II.1.7.- Prueba de Solubilidad.

Esta prueba sirve para estimar la pureza de un cemento asfáltico los constituyentes cementantes activos de un cemento asfáltico son solubles en bisulfuro de carbono. La materia inerte tal como sales, carbones libres, ó contaminantes no orgánicos son insolubles. La mayoría de los cementos asfálticos son también solubles en tricloroestileno y tetracloruro de carbono lo que hace que se utilicen estos productos en la prueba por resultar menos peligrosa su manejo.

La prueba consiste en disolver 2 gr. de cemento asfáltico en 100 ml. de solvente, posteriormente se hace pasar la solución a través de un filtro de asbesto colocado en un crisol de 600 ML. La cantidad de material retenida en el filtro se determina mediante el pesado y se expresa como por ciento de la muestra original.

## II.2.-

PRUEBAS DE LOS AGREGADOS.

## GENERALIDADES

La cantidad de agregados pétreos que se necesita en una mezcla asfáltica es por lo general del orden de 90 a 95 % en peso y del 75 a 85 % en volumen.

El agregado pétreo proporciona a una mezcla asfáltica, la capacidad de soportar las cargas y empujes en canales y pavimentos.

Sea definido el agregado pétreo como cualquier material duro e inerte formado por partículas o fragmentos. La definición incluye a la arena, grava, roca triturada, polvo de roca, etc.

Los agregados se dividen en cuanto a su origen en :

a) Agregados procedentes de Bancos Naturales.

Como los depósitos de río que generalmente contienen grava, arena, arcilla y limos; también los depósitos de arena de playa constituidos generalmente por arenas uniformes.

b) Agregados Procesados.

Muchas veces los agregados naturales tal y como vienen del

banco no son adecuados para su uso y por consiguiente se hacen necesarios procesarlos para cambiar su forma o textura mediante triturado o bien modificar su granulometría mediante lavado o separación en tamaños y redosificación.

c) Agregados Sintéticos.

Se llaman así a los agregados que resultan de la modificación, en sus características físicas y químicas de algunos materiales. Por ejemplo las escorias de altos hornos.

Este material es no mineral y flota durante la fundición del hierro, se separa y se reduce al tamaño deseado para su utilización.

Estos materiales son ligeros y muy resistentes al desgaste. Se les prefiere para la construcción de pavimentos en puentes o donde se desee un alto grado de resistencia al derrapamiento.

Calidad de los Agregados.

La selección adecuada de un agregado para cualquier tipo de construcción que se pretenda. La calidad de los agregados se determina evaluando al material en términos de:

a) Tamaño y Granulometría.

- b) Limpieza.
- c) Dureza.
- d) Forma de la Partícula.
- e) Resistencia al Intemperismo.
- f) Textura.
- g) Absorción.
- h) Afinidad con el Asfalto.
- i) Peso específico.
- j) Area Específica.

A continuación vamos a describir las características o pruebas más importantes que se le hace a un agregado, que va a ser utilizado en el revestimiento de un canal de riego (concreto asfáltico).

a) Tamaño y Granulometría.

Con base en la experiencia se han establecido especificaciones para el tamaño y la granulometría de acuerdo con el uso que se le vaya a dar al material.

b) Limpieza.

Algunos agregados contienen polvo o sustancias que las hacen inadecuadas para su uso con mezclas asfálticas. Por ejemplo, raíces vegetales, grumos limosos o arcillas, películas de polvo, etc.

La limpieza puede determinarse mediante la inspección visual, pero las pruebas más positivas son las pruebas de lavado. Si se desea también estimar el porcentaje de finas indeseables, en la mezcla se puede efectuar pruebas de equivalente de arena.

#### c) Dureza.

Los agregados deben tener un cierto grado de dureza para resistir la trituración, degradación y desintegración.

La prueba que se utiliza para determinar la dureza de los agregados es conocida como desgaste de los angelos.

#### d) Forma de la Partícula.

La forma de la partícula es de vital importancia dado que influye en la trabajabilidad de una mezcla asfáltica y en el esfuerzo de compactación necesario para obtener el peso específico requerido. Las partículas angulosas tales como la roca triturada, tienden a trabajarse cuando se les compacta y presentan gran resistencia al desplazamiento. Con los agregados angulosos y equidimensionales se logra una mejor trabazón que con los agregados redondeados.

Muchas mezclas asfálticas se aborran con agregados angulosos y redondeados.

Las partículas angulosas generalmente están formados por el agregado grueso triturado y las partículas redondeadas generalmente corresponden al agregado fino. La resistencia se obtiene de esta manera gracias al agregado grueso, mientras que la trabajabilidad se debe al agregado fino (arenas, arcillas, etc.).

#### e) Resistencia al Intemperismo.

Es necesario que los agregados sean resistentes al intemperismo, es decir que no deben deteriorarse ni desintegrarse bajo la acción del medio ambiente.

La prueba para ver la resistencia al intemperismo se llama intemperismo acelerado.

#### f) Textura.

Al igual que en la forma de las partículas, la textura — afecta a la trabajabilidad y a la resistencia de la mezcla asfáltica.

En comparación con una textura lisa, una textura rugosa incrementa la resistencia de la mezcla asfáltica, pero la hace menos trabajable. Así mismo, los vacíos en el agregado compactado son mayores por lo cual se requerirá más asfalto. Sin embargo una textura lisa retiene menos a la película del asfalto.

Actualmente no existen pruebas para juzgar la textura, pero su influencia se puede estimar mediante pruebas de resistencia.

#### g) Absorción.

La absorción de un agregado está relacionado con su porosidad que indica la cantidad de agua que absorbe cuando se le satura. Siempre es deseable un cierto grado de porosidad, puesto que esto permite que el agregado absorba asfalto formándose en esta forma un cierto anclaje entre el agregado y la película de asfalto.

Por otro lado si la absorción es excesiva, se requerirá una cantidad alta de asfalto, por lo cual no es recomendable el uso de los agregados con alta absorción, ya que la mezcla puede resultar demasiado costosa.

#### h) Afinidad con el Asfalto.

Algunos materiales como los hidrofílicos (ávidos de agua), pueden resultar inadecuados para mezclas asfálticas puesto que la película de asfalto tiende a desprenderse debido a la acción del agua. Ejemplo de algunos materiales inadecuados son las silicosas como la cuarcita y algunos granitos. No obstante mediante la aplicación de aditivos puede mejorarse la adherencia del asfalto con el agregado. Otro tipo de agregados presentan una gran resistencia al desprendi-

miento de la película del asfalto, bajo la acción del agua. A estos materiales que son los más adecuados para mezclas asfálticas, se les conoce como los hidrofóbicos (odian el agua). Entre estos agregados están las calizas y los dolomitas.

La prueba para estimar la afinidad se explicará posteriormente.

#### i) Peso Especifico de los Agregados.

El peso específico de los agregados reviste una gran importancia en el diseño de mezclas asfálticas para la determinación de la dosificación y relación de vacíos.

Se define como peso específico relativo de un agregado a la relación que existe entre el peso unitario del mismo y el peso unitario del agua determinados a las mismas temperaturas.

#### j) Area Especifica.

En Algunos de los métodos de diseño de mezclas asfálticas - hace uso del concepto de "area especifica" que es el area expuesta - que tienen todos los agregados que intervienen en una mezcla.

De esta manera puede calcularse el por ciento de asfalto requerido para cubrir la superficie de las partículas de un agregado me

diante la siguiente fórmula :

% asfalto =  $100 \frac{A}{T}$  b; en donde:

A = Área específica del agregado (en pies<sup>2</sup>/1bs)

T = Espesor de la película de asfalto en pies

b = Peso específico del asfalto en lb/pies<sup>3</sup>.

### II.2.1.- Prueba Equivalente de Arena.

En esta prueba se someten a un proceso de lavado con la adición de sustancias químicas y posteriormente se permite el asentamiento de estos materiales en condiciones especiales.

### II.2.2.- Prueba Desgasta de los Angeles.

La prueba consiste en términos generales en introducir dentro de un cilindro el agregado junto con unas esferas metálicas. Se hace girar el cilindro, que contiene una ménsula en su parte interior de tal manera de las esferas, y el material chocan entresi, produciéndose la trituración del agregado en caso de no ser duro. Se determina el porcentaje del material triturado.

### II.2.3.- Prueba de Intemperismo Acelerado.

Consiste en someter a los agregados a diferentes tipos de-

temperatura en una forma brusca, en compañía del agua y a veces sustancias químicas.

Y así podemos ver el comportamiento de los agregados en contra de los agentes del intemperismo.

#### II.2.4.- Prueba de la Afinidad del Agregado con el Asfalto.

La prueba para estimar la afinidad consiste esencialmente en la comparación de una mezcla asfáltica con otra mezcla asfáltica a la que se somete a un proceso de agitado en agua. Uno de los materiales más comúnmente utilizados para aumentar la adherencia entre el asfalto y el agregado silíceo es la cal.

Las pruebas de compactación que se hacen son para ver si se está dando la densidad adecuada al suelo o al revestimiento respectivamente.

### 11.3. 1.- PRUEBA PROCTOR ESTANDAR.

1.- Tomamos una muestra representativa del suelo que vamos a estudiar de 6 a 8 kg. como el suelo tiene una humedad determinada, aportamos 200gr. de suelo húmedo y lo metemos al horno

PESO HUMEDO - PESO SECO = HUMEDAD O AGUA

$$\text{HUMEDAD \%} = \frac{\text{P. AGUA}}{\text{P. SECO}} \times 100$$

2.- Cribamos la muestra de 8kg. por la malla No. 4 y después hacemos un cuarteo.

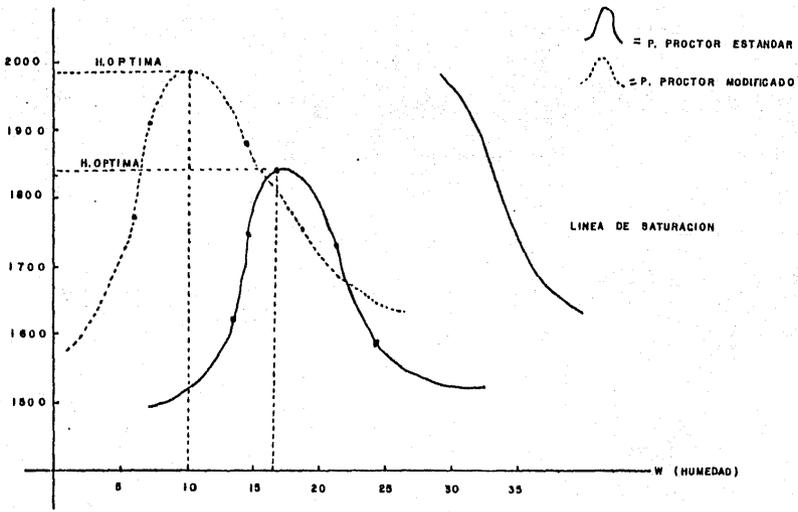
3.- Tomamos el molde cilíndrico de 4" de diámetro por 4 1/2" de altura el cual se llenará en 3 capas iguales aproximadamente del material en estudio.

4.- Se compacta cada capa en espiral con 25 golpes con un martillo que pesa 2.5 kg. en una área de contacto de 20 cm. y que se deja caer libremente a una altura de 35cm.

5.- Una vez puestas las 3 capas, se quita el molde móvil superior y se enrasa con una regla, se pesa el material, y como el volumen es conocido, y la humedad también, se resta el peso del agua del peso volumétrico húmedo resultando el peso volumétrico seco.

SE repite la prueba varias veces modificando el grado de humedad echándole de una probeta el 2% del peso del material en estudio con lo que obtenemos más valores para la gráfica.

( PESO VOLUMETRICO SECO MAX )



GRAFICA DE COMPACTACION

Como se puede ver la humedad óptima trabaja como un lubricante que permite un mejor acomodo de las partículas cuando se compactan.

### II.3.2 Prueba proctor modificada .

Debido a las cargas cada día más pesadas en los terracerías, se tuvo que modificar la prueba proctor estandar.

1. Tomamos una muestra representativa del suelo que vamos a estudiar de 6 a 8 Kg. como el suelo tiene una humedad la determinamos, aportando 200 gr. de suelo humedo y lo metemos al horno .

P. HUMEDO - P. SECO = HUMEDAD ó AGUA

$$\text{HUMEDAD \%} = \frac{\text{P AGUA}}{\text{PESO SECO}} \times 100$$

2. Cribamos la muestra 8 kg. por la malla No. 4 y después hacemos un cuarteo

3. Tomamos el molde de dimensiones de 4" de diámetro y por 4 $\frac{1}{2}$ " de altura el cual se llenará en 5 capas, aproximadamente iguales del material en estudio.

4. Cada capa debe comportarse con 25 golpes en espiral, con un martillo que pesa 4.5 Kg. y de una altura de caída de 46 cm. que tiene una area de 20 cm<sup>2</sup> .

5. Una vez puestas las 5 capas, se quita el molde móvil superior y se envasa con una regla, se pesa el material y como el volumen es conocido se calcula el peso volumetrico húmedo como la humedad es conocida se resta el peso del agua del peso volumetrico húmedo resultando el peso volumetrico seco.

6. Se repite la prueba varias veces modificando el grado de humedad (hechándose de una probeta el 2% del peso del material en estudio) con lo que obtenermos más valores para la gráfica

### II. 3. 3. Prueba porter.

1. Tomamos una muestra representativa del material en estudio, - aproximadamente 16 Kg. que pasa la malla de 1", lo secamos en el horno para que sufra una disgregación.

2. De la muestra de 16 Kg. hacemos un cuarteo de pesos aproximadamente iguales.

3. Se toma una de las 4 partes del material, se le incorporará una cantidad de agua necesaria, para que una vez repartida uniformemente, - presente una consistencia tal que al ser comprimido en la palma de la mano, la humedezca ligeramente.

4. Se coloca el material en un molde de 15.75 cm. de diámetro interior y de 12.75 cm. de altura , en 3 capas iguales, cada capa se le pica con 25 golpes en forma de espiral en una varilla de 5/8" de punta de bala.

5.- Se lleva el molde a una prensa hidráulica de 30 toneladas sobre la última capa se coloca una tapa metálica cuyo diámetro es menor que el diámetro interior del cilindro.

6.- Se aplica lentamente la carga durante 5 minutos hasta llegar a  $140 \text{ kg./cm}^2$  se sostiene esta carga durante 1 minuto y se descarga lentamente durante 1 minuto.

Si al obtener la máxima carga el fondo del cilindro no se humedece nos indica que la humedad ensayada es menor que la humedad óptima.

7.- Se toma otra porción del material, se le adiciona una cantidad de agua igual a la porción anterior man  $80 \text{ cm}^3$  y se prosige la prueba y si en esta vez la muestra humedece el fondo del molde hemos encontrado la humedad óptima y por consiguiente el peso volúmetrico máximo porter.

#### II.3.4.- PRUEBA MARSHALL

1.- Tomamos una muestra de 1200gr. del material (concreto asfáltico) cuando el camión lo este vaciando a la pavimentadora.

2.- Debmos tomar en cuenta que para hacer la prueba, el material debe de tener una temperatura de  $100^\circ$  a  $140^\circ$

3.- LLenamos el molde de 10 cm. de diámetro y 8 cm. de altura con material, el molde previamente ha sido engrasado, para que no se pege el asfalto.

4. el molde en su parte inferior tiene un abovo movil. Esto se debe a que con el pistón de 4.5 Kg., se le va a dar 50 golpes por cara en forma de espiral, y la pastilla que se va a sacar del molde va a tener dimensiones de 5.5 cm. a 7.5 cm. de altura y 10 cm. de diámetro .

5. Tomamos la pastilla, y le sacamos su peso volumetrico máximo. Para sacar el volumen de la pastilla la metemos en una probeta graduada y el volumen que desplace de agua (mililitros) será el volumen en  $\text{cm}^3$

$$\gamma_{\text{max.}} = \frac{W_m}{V_m}$$

$W_m$  = peso de la muestra

$V_m$  = volumen de la muestra

Una vez obtenido el peso volumetrico seco máximo de laboratorio, obtenemos el peso volumetrico máximo de campo este es más fácil aplicando la formula .

$$\gamma_{d \text{ campo}} = \frac{\gamma_m}{1 + e}$$

$w$  = Humedad de la muestra

$\gamma_m$  = P. V. de la muestra

$$G. C. (\%) = \frac{\gamma_{d \text{ campo}}}{\gamma_{d \text{ max. de lab.}}} \times (100)$$

G. C. = grado de compactacion

## GENERALIDADES.

Las mezclas de concreto asfáltico generalmente se diseñan por impermeabilidad. Las mezclas para revestimiento de canales tienen un contenido de asfalto (7 a 10 %) mayor que las utilizadas en la construcción de caminos. Ciertas fases del diseño de la mezcla son difíciles pues hay que lograr una plasticidad muy alta para disminuir el agrietamiento por posibles asentamientos de la sub-rasante y además de dureza suficiente, para obtener buena resistencia a la erosión y estabilidad de los taludes.

La mayor parte de los concretos asfálticos usados para el revestimiento de canales en E. E. U. U. han sido colocados en formas deslizantes guiados sobre la sub-rasante, diseñados y construidos por los contratistas. Utilizando materiales locales cuando ello sea posible, los estudios de laboratorio y la experiencia de campo se aprovecha, para diseñar una mezcla que tenga un alto grado de trabajabilidad (en caliente) y que permita la colocación, con forma deslizante, a una densidad adecuada.

En los primeros revestimientos, se utilizó un cemento asfáltico relativamente suave, cuya penetración variaba entre 100 y 200. Estudios posteriores han mostrado que un cemento asfáltico con una pe

netración de 50 a 60 es más satisfactorio. Este asfalto más duro produce una mezcla más resistente al desarrollo de hierbas, y es más estable en taludes.

El diseño de un revestimiento de concreto asfáltico involucran muchos factores que solo pueden valorarse en forma adecuada a través de pruebas de laboratorio. En cada instalación debe darse atención individual a la selección y uso de los materiales, por lo que es importante que previamente a la construcción de revestimientos importantes, los materiales propuestos sean probados en el laboratorio para obtener los datos necesarios y poder seleccionar la mezcla más adecuada así como su control. Esta información se adiciona a las especificaciones de construcción.

## CAPITULO III.- METODOS Y EQUIPO DE CONSTRUCCION

- III.1.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION COMUNES A TODOS LOS CANALES
  
- III.2.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PARA CANALES REVESTIDOS CON CONCRETO ASFALTICO
  - III.2.1.- Desmonte y Desenraice del Derecho de Vía.
  - III.2.2.- Excavación de la Cubeta del Canal
  - III.2.3.- Formación y Compactación de Terraplenes
  - III.2.4.- Preparación del Perímetro o Subrasante del Canal
    - III.2.4.1.- Afine
    - III.2.4.2.- Compactación
  - III.2.5.- Esterilización
  - III.2.6.- Colocación del Revestimiento
  - III.2.7.- Limpieza Final
  
- III.3.- EQUIPO DE CONSTRUCCION (MAQUINARIA)
  - III.3.1.- El Derecho de Vía
  - III.3.2.- Excavación de la Cubeta
  - III.3.3.- Compactación de Terraplén
  - III.3.4.- Afine de la Subrasante
  - III.3.5.- Aplicación del Esterilizante
  - III.3.6.- Equipo para la Colocación del Concreto Asfáltico

III.1.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION COMUNES A  
TOODS LOS CANALES

La construcción de todo tipo de canales revestidos de concreto asfáltico siguen un mismo sistema básico. En todos los casos hay semejanza en la secuencia del trabajo y en algunas operaciones el equipo, método y materiales que se usan son semejantes.

El orden normal de las operaciones para un canal se indican a continuación:

- 1.- Desmonte y desenraice del derecho de vía
- 2.- Excavación de la cubeta del canal
- 3.- Colocación y compactación del terraplén
- 4.- Preparación de la subrasante
- 5.- Aplicación del esterilizante
- 6.- Colocación del revestimiento
- 7.- Limpia final

Todas las operaciones con excepción de la 4 y 6 son las mismas para todos los tipos de revestimientos. A continuación desglosaremos los anteriores conceptos u operaciones.

### III.2.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PARA CANALES REVESTIDOS CON CONCRETO ASFALTICO

#### III.2.1.- Desmante y Desenraice del Derecho de Vía.

La preparación de la faja del derecho de vía es semejante en la construcción de los diferentes tipos de revestimientos asfálticos. El derecho de vía debe ser suficientemente amplio para incluir la sección del cruce y permitir la construcción de caminos de acceso paralelos al cruce, en ambos lados. Se debe prever espacio para almacenar materiales y estacionar equipo.

El derecho de vía se debe limpiar o desmontar de todo cultivo, hierba, árboles y toda clase de vegetación, incluyendo raíces, para prevenir crecimientos futuros a través del revestimiento.

#### III.2.2.- Excavación de la Cubeta del Canal

Para la excavación de la cubeta del canal se utilizan numerosos métodos y diferentes tipos de equipo de excavación. Los que son utilizados quedan determinados por el tramo del canal y la disponibilidad del equipo del contratista. El equipo de excavación debe ser capaz de excavar una sección que se aproxime lo más posible a las líneas y niveles finales.

El equipo que se debe emplear lo soluciona el contratista para que se ajuste a las necesidades de cada proyecto. El uso de un equipo específico no se puede tomar como lo óptimo.

### III.2.3.- Formación y Compactación de Terraplenes

Se requiere de un relleno compactado debajo del revestimiento de un canal, para suministrar soporte adecuado. El ancho del terraplén compactado usualmente se limita en el diseño a un mímo, lo que origina dificultades en la construcción.

Por experiencia, se debe de construir una sección más grande de la que muestran los planos de diseño por seguridad y funcionalidad.

### III.2.4.- Preparación del Perímetro o Subrasante del Canal

La subrasante del canal se debe dejar completamente libre de todo material orgánico y suelto. Se debe hacer estable y suficientemente firme para que sostenga el peso de las máquinas que se usen para colocar y compactar el revestimiento.

#### III.2.4.1.- Afine

El afine consiste en excavar la sección tosca del canal hasta llegar con exactitud a las líneas y niveles finales.

### III.3.- EQUIPO DE CONSTRUCCION (MAQUINARIA)

El equipo debe ser diseñado especialmente para la construcción y revestimiento de concreto asfáltico, sobre el fondo y los taludes del canal. El equipo deberá ser el ordenado para efectuar el revestimiento según las especificaciones de construcción.

Las operaciones o procedimientos constructivos que requieren el uso de maquinaria para canales son los siguientes.

#### III.3.1.- El Derecho de Vía

Para la preparación del derecho de vía se requiere del siguiente equipo:

- a) Tractores con cuchillos empujadores
- b) motoconformadoras
- c) Camiones
- d) Grúas, etc.

Este equipo debe de ser capaz de desmontar las plantas más grandes y arrancar la maleza con objeto de impedir daños a la obra y permitir buena visibilidad.

### III.3.2.- Excavación de la Cubeta

Para la excavación de la cubeta, se emplea el siguiente equipo dependiendo del tamaño del canal, si el canal es grande se usarán:

- a) motoescrepas
- b) Dragas

Asimismo si el canal es pequeño se usan:

- a) motoconformadoras
- b) Zanjadoras de canchilones, etc.

### III.3.3.- Compactación de Terraplén

Para la compactación del terraplén se empleará la maquinaria más adecuada para mayor efectividad.

- a) Compactador pata de cabra
- b) Compactadores de neumáticos
- c) Compactadores de llantas metálicas
- d) Compactadores tipo triciclo
- e) Compactadores tipo tandun
- f) Rodillos vibratorios
- g) Compactadores mixtos.

DRAGA EXCAVANDO LA CUBETA.



ESCREPAS AFINANDO LA CUBETA.



TRACTORES LIMPIANDO EL DERECHO DE VIA.

## III.3.4

AFINE DE LA SUBRASANTE

El equipo necesario para la preparación de la subrasante es :

- a) Perfiles de acero estructural (rieles )
- b) Bastidores (de orugas de tractor )
- c) Rodillos lisos
- d) Viguetas de acero

## III.3.5.

APLICACION DEL ESTERLIZANTE

La aplicación del estelizante se hará por medio de un rociador de baja presión equipado con tanque y bomba.

## III.3.6

EQUIPO PARA LA COLOCACION DEL CONCRETO ASFALTICO

- a) Esparcidor ó pavimentadora
- b) Grúa ó pato
- c) Compactadores { autopropulsador  
jalón
- d) Pipa de agua ó tambos de 200 litros
- e) Petrolizadora
- f) Camiones ( de 10 m<sup>3</sup> de capacidad )
- g) mano de obra { peones  
personal especializado

## COLOCACION DEL REVESTIMIENTO

El revestimiento del canal se hace con equipo de pavimentación convencional para caminos, sufriendo algunas adaptaciones del equipo especial y métodos improvisados.

El revestimiento del canal consta de dos capas, y cada capa es de 4cm de espesor en total son 8cm . El equipo que se usa para el revestimiento del talud son: una grúa, el esparcidor ó pavimentadora y compactadores principalmente.

La posición estratégica de las maquinas es la sig. la grúa se coloca en la corona del terraplen. El esparcidor sobre el talud y los compactadores siguiendo al esparcidor. El esparcidor es remolcado por la grúa hasta la corona, en donde es llenado con concreto asfáltico, por camiones que lo transportan de la planta hasta la obra.

Después el esparcidor desciende hasta la plantilla del canal, y empieza a colocar el concreto asfáltico de abajo hacia arriba, seguido del compactador autopropulsado para darle la compactación final, esto es lo que respecta a la primera capa.

Para colocar la segunda capa, primero se hace un riego de liga, y después se hace el mismo procedimiento de colocación que la primera capa.

haciendo que el tendido de la segunda capa se traslapa con la primera para que sellemos herméticamente el revestimiento .

Este procedimiento de revestimiento es el que se hace en el talud. Y en la plantilla el revestimiento que se hace es el mismo que si se estuviera pavimentando una calle.

En el revestimiento de la plantilla el esparcidor se coloca detrás del camión de volteo , que transporta la mezcla asfáltica y que va avanzando conjuntamente camión y esparcidor , y detrás del esparcidor va el compactador autopropulsado. Esto es para la primera capa .

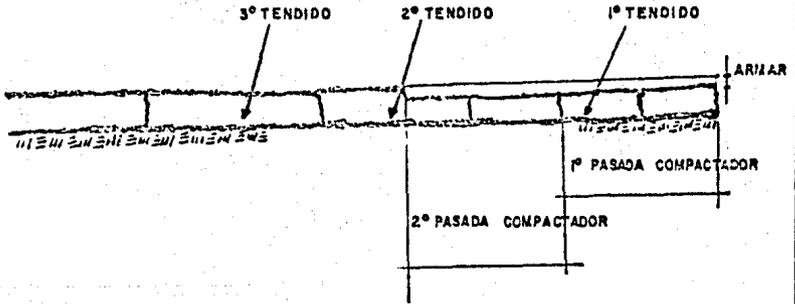
Para colocar la segunda capa se hace el riego de liga y se sigue el mismo procedimiento que la primera capa , haciendo el traslape de las capas 1 y 2 .

En la unión plantilla talud , la primera capa del talud se prolongó más que la segunda por 30 cm. , esto fue con el propósito de traslapará con la segunda capa de la plantilla.

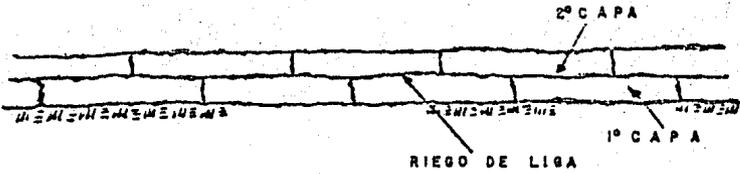
El motivo por el cual primero no se revistió la plantilla , fue que al hacer las operaciones el esparcidor y el compactador para colocarse correctamente en el talud , fueron a fastidiar la plantilla.

ARMADO A MEDIA MAQUINA

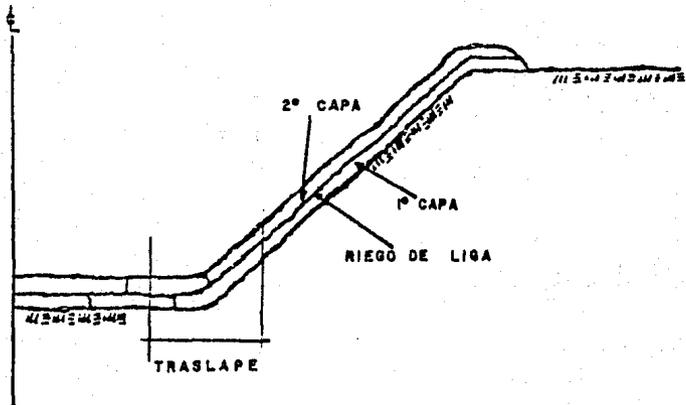
94

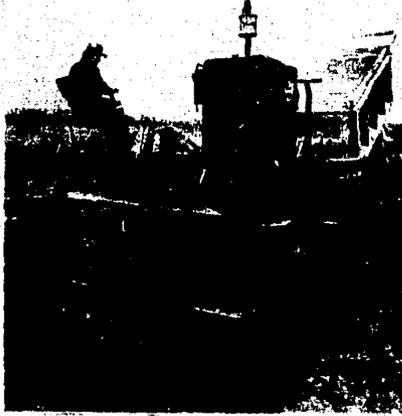


TRASLAPE DE CAPAS



UNION TALUD PLANTILLA





COLOCACION DEL CONCRETO ASFALTICO EN TALUDES Y PLANTILLA.



### III.2.4.2 COMPACTACION

La compactación de la subrasante es muy importante, para el afine y el revestimiento futuro del canal .

### III.2.5 ESTERILIZACION

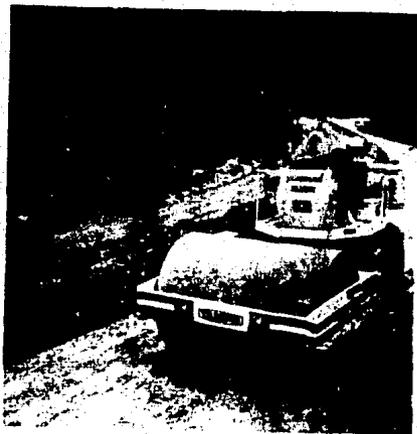
En la mayoría de los revestimientos se necesita tratar la subrasante con un esterilizante de suelo para prevenir el crecimiento de plantas. El esterilizante se aplica antes de la colocación del revestimiento, rociando soluciones de compuestos químicos, sobre la subrasante y dejando que penetren .

### III.2.7 LIMPIEZA FINAL

Una vez terminado el trabajo de tendido y compactado del material de revestimiento se debe de limpiar la zona de manera que no queden cables viejos, desperdicios asfálticos y otros materiales que podrían interferir con las operaciones de cultivo o mantenimiento del canal. Los desperdicios se deben de recoger y acarrear a áreas predestinadas .



DIFERENTES TIPOS DE COMPACTADORES.



**CAPITULO IV.- SUPERVISION DE LA CONSTRUCCION**

**IV.1.- INSPECCION DE PLANTAS MEZCLADORAS**

**IV.2.- INSPECCION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION**

**IV.3.- INSPECCION DE LA COLOCACION DEL REVESTIMIENTO**

## IV.1.-

INSPECCION DE PLANTAS MEZCLADORAS

La inspección de las plantas mezcladoras se deberá hacer antes de iniciar cualquier proceso de producción de concreto asfáltico por una persona capacitada (inspector) y debidamente autorizada por la S.A.R.H., ya que si la planta no cumple con los requisitos y especificaciones adecuadas no se podrá iniciar la producción de la mezcla y por consiguiente no se podrá iniciar el revestimiento del canal.

Los requisitos esenciales del control de mezclas producidas por la planta son:

- a) Uniformidad de graduación del agregado
- b) Uniformidad de las proporciones de agregados y cemento asfáltico
- c) Uniformidad en la temperatura de la mezcla completada
- d) Evitar la contaminación de los agregados

La uniformidad de graduación es esencial para la trabajabilidad correcta, durante la colocación y compactación de la mezcla.

El inspector de la planta debe ser conocedor práctico de la operación de la planta mezcladora, de la preparación de las mezclas, de las causas que contribuyen a la obtención de materiales

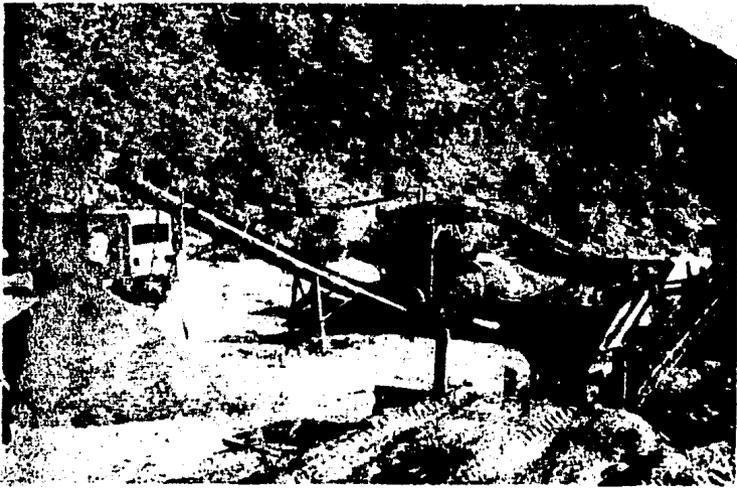
Toda planta debe operar ajustada a las especificaciones de diseño, por ello no debe rebasarse su capacidad. La temperatura de los materiales pétreos y asfálticos deben ser uniformes, y la granulometría de los agregados acorde también con la planta.

Partes esenciales de una planta mezcladora (Fig.

- 1.- Carga de los agregados
- 2.- Agregados
- 3.- Unidad graduadora
- 4.- Banda transportadora
- 5.- Elevador frío (tipo cangilones)
- 6.- Colector de finos
- 7.- Secador (de agregados)
- 8.- Elevador caliente (tipo cangilones)
- 9.- Criba
- 10.- Tolva
- 11.- Unidad pesadora para agregados
- 12.- Medidor de asfalto
- 13.- Amasadora o revoladora de agregados y asfalto
- 14.- Alimentador de finos



PLANTA DE CONCRETO ASFALTICO



PLANTA DE TRITURACION ( DE AGREGADOS)

En el tema anterior se define correctamente la función de cada equipo y sus operaciones entre sí .

#### IV .2. INSPECCION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION

Se deberá hacer una inspección cuidadosa de todo el equipo que se vaya a usar en la planta de agregados , en la planta mezcladora y en la colocación del revestimiento antes de que se inicie la obra , y además unas inspecciones periódicas durante la colocación del revestimiento .

El inspector debe ser conocedor práctico de los ajustes , capacidad , especificaciones y operación del equipo. Y así poder descubrir por observación las irregularidades en la obra , cuando el equipo no esté funcionando correctamente o cuando las maniobras de operación sean muy deficientes

El inspector debe cerciorarse que en cualquier obra de importancia , se tenga un taller mecánico en el campamento principal para reparaciones difíciles ó complicadas y mecánicos capacitados en los diferentes frentes de la obra , para reparaciones de emergencia.

#### IV.3.- INSPECCION DE LA COLOCACION DEL REVESTIMIENTO

El inspector de campo que controle la colocación del revestimiento, debe tener conocimiento completo de las especificaciones y de la secuencia de la construcción para controlar correctamente esta fase de la obra.

Debe trabajar en cooperación estrecha con el inspector de planta mezcladora en todo tiempo, y debe existir rápido intercambio de informaciones entre los inspectores, si surge la necesidad.

El inspector de la planta debe informar al inspector de campo cuando se hagan cambios en la fórmula de la mezcla de la obra a su vez el inspector de campo debe transmitir información de cualquier deficiencia que el vea o determine.

El inspector de campo puede detectar muchas imperfecciones visualmente y con mediciones simples, en tanto que otras requieren - muestreo para análisis de laboratorio.

Para mantener el control de acuerdo con las especificaciones, se deben de leer las temperaturas de la mezcla cuando llega al lugar de la obra y también durante la colocación y compactación.

Durante la construcción se deben controlar cuidadosamente la densidad y el espesor del revestimiento, normalmente las especifici

caciones requieren que el revestimiento se compacte hasta un porcentaje mínimo de la densidad máxima teórica o de la densidad obtenida por compactación en el laboratorio.

Es necesario hacer determinaciones de densidad del revestimiento completado, para comprobar este requisito. Se debe usar una sierra de potencia para cortar el pavimento o una máquina para cortar corazones.

Para evitar que las muestras sufran alteraciones, los ensayos o pruebas de las muestras retiradas se efectúan en el laboratorio.

El espesor del revestimiento se debe comprobar durante el progreso de la obra, la superficie final debe ser de textura uniforme y quedar ajustada a los niveles prescritos en los planos.

Durante la compactación, se pueden hacer ensayos preliminares (como ayuda en el control del espesor) insertando una hoja de acero correctamente graduada a través del material, hasta llegar a la superficie de la capa previamente colocada.

El inspector de campo debe estar provisto con termómetros, un aparato para medir espesores, un abastecimiento de esqueletos para informes, etc. etc.

El inspector debe llevar un diario donde anote los hechos de cada día. Este diario le va a servir para hacer reportes semana-  
rios.

Los reportes deber ser de tal naturaleza que:

- a) Permitan a todo el personal de supervisión estar al corriente de las operaciones de cada día.
- b) Constituyan a la terminación del trabajo un registro permanente del progreso de la construcción. Los cam bios de materiales, métodos o condiciones deben quedar anotados y referidos a las estaciones de ubica-  
ción en el canal. También deben quedar anotados el tipo y localización de cada muestra.

CAPITULO V.- CONSERVACION Y MANTENIMIENTO  
DEL REVESTIMIENTO DEL CONCRE  
TO ASFALTICO

- V.1.- TIPOS DE AGRIETAMIENTOS EN EL CONCRETO ASFALTICO
  - V.1.1.- Grietas en Forma de Piel de Cocodrilo
  - V.1.2.- Grietas Reflejadas
  - V.1.3.- Grietas por Contracción.
  
- V.2.- TIPOS DE DISTORSIONES EN EL CONCRETO ASFALTICO
  - V.2.1.- Distorsiones por Corrugaciones y Deslizamiento
  - V.2.2.- Distorsiones por Levantamientos
  
- V.3.- TIPOS DE DESINTEGRACION EN EL CONCRETO ASFALTICO
  - V.3.1.- Desintegración por Ségregación
  
- V.4.- EQUIPO DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO INDISPENSABLES

## V.1.- TIPOS DE AGRIETAMIENTOS EN EL CONCRETO ASFALTICO

El agrietamiento se presenta en muchas formas. Simplemente llenar las grietas puede ser en algunos casos el tratamiento adecuado. Para hacer reparaciones adecuadas el primer paso será determinar las causas del agrietamiento.

### V.1.1.- Grietas en Forma de Piel de Cocodrilo

Estas son grietas interconectadas que forman una serie de bloques pequeños que se asemejan a la piel de cocodrilo o tela de gallinero.

CAUSA: En la mayoría de los casos, las grietas de piel de cocodrilo tienen por causa la deflexión excesiva de la superficie encima de una subrasante o capas bajas inestables.

El soporte inestable generalmente es el resultado de bases o subrasantes granulares saturados. Las áreas afectadas en la mayoría de los casos no son grandes.

REPARACION: Cuando sea necesario se pueden hacer reparaciones temporales, aplicando capas muy delgadas de asfalto de sello con agregado fino en las zonas afectadas. De cualquier manera la reparación debe hacerse con prontitud para evitar que se dañe aun más el revestimiento y se filtre el agua.

V.1.2.- Grietas Reflejadas

Estas son grietas en el recubrimiento de asfalto que repiten el patrón de grietas en la estructura subyacente. El patrón puede ser de grietas longitudinales, transversales, diagonales o de bloques.

CAUSA: Las grietas reflejadas son provocadas por movimientos verticales u horizontales en el revestimiento debajo del recubrimiento, debido a la expansión o contracción por cambios de temperatura o humedad.

También puede ser provocado por la carga o movimientos de terreno, o al perder humedad la subrasante con alto contenido de arcilla.

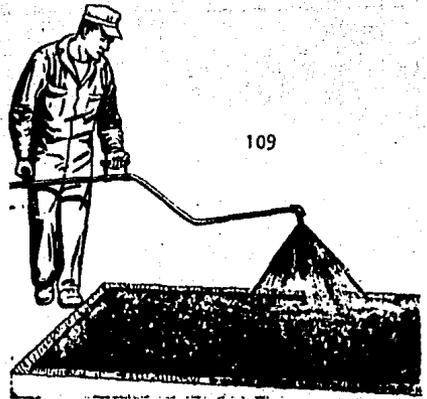
REPARACION: Para grietas pequeñas menores de 5 mm con una lechada de emulsión asfáltica el sello será efectivo. Para grietas mayores de 5 mm deben eliminarse con lechada de emulsión asfáltica o asfalto líquido ligero mezclado con arena fina. También se pueden usar compuestos especiales de asfalto o materiales asfálticos más pesados para llenar grietas grandes.



EXTENDIENDO MEZCLA DE CONCRETO  
ASFALTICO EN CRISTAS DE PIEL  
DE COCODRITO.



REGANDO ASFALTO SOBRE CRISTAS  
PIEL DE COCODRITO.

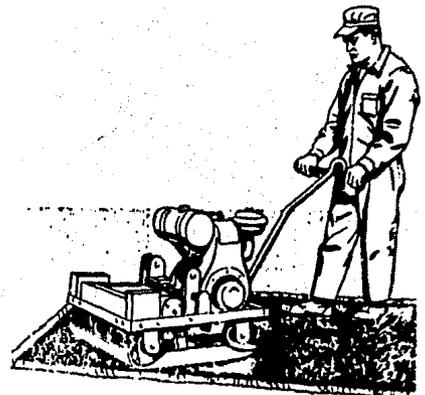


109

APLICANDO FIBRO DE FIBRA



COLOCANDO MEZCLA CALIENTE



COMPACTADOR VIBRATORIO DE PLACA

V.1.3.- Grietas por Contracción

Las grietas de contracción son grietas interconectadas formando una serie de bloques grandes, generalmente con ángulos agudos en las esquinas.

CAUSA: Muchas veces es difícil determinar si las grietas de contracción son provocadas por cambio de volumen en la mezcla asfáltica o en la base o en la subrasante, frecuentemente la causa es un cambio de volumen de mezclas asfálticas de agregado fino que tiene un alto contenido de asfalto de baja penetración.

REPARACION: Rellénense las grietas con lechada de emulsión asfáltica, seguido de un tratamiento superficial o un sello de lechada.

V.2.-

TIPOS DE DISTORSIONES EN EL CONCRETO ASFALTICO

La distorsión en un revestimiento es cualquier cambio en la superficie del revestimiento de su forma original. Generalmente es provocado por circunstancias tales como: escasa compactación de las capas del revestimiento, exceso de finos en el material, exceso de asfalto, esponjamiento de las capas subyacentes o asentamientos.

Igual que las grietas, la distorsión se presenta en muchas formas diferentes: deslizamientos, corrugaciones, esponjamiento, etc.

V.2.1.-

Distorsiones por Corrugaciones y Deslizamiento

Las corrugaciones (a veces llamadas tabla de lavar) es una forma de movimiento plástico tipificado por ondulaciones transversales a la superficie del revestimiento.

El deslizamiento también es una forma de movimiento plástico que se presenta en los taludes del canal

CAUSA: Las corrugaciones o deslizamientos se presentan por causa de la falta de estabilidad y es provocada por una mezcla demasiado rica en asfalto, que tenga una proporción demasiado alta de agregado fino o que los agregados finos y gruesos sean redondeados o tengan textura lisa o en fin que el cemento asfáltico sea demasiado blando.

REPARACION: Para hacer una reparación efectiva, las áreas deslizadas deben removerse y revestirse nuevamente.

V.2.2.- Distorsiones por Levantamientos.

El levantamiento es un desplazamiento local, hacia arriba de un revestimiento, debido al esponjamiento de la subrasante o de alguna parte de la estructura del revestimiento. El levantamiento por las heladas es un buen ejemplo.

CAUSA: La causa más común del levantamiento es la expansión que provoca el hielo en las capas inferiores del revestimiento o en la subrasante. Pero también puede ser provocado por el esponjamiento que produce la humedad en los suelos arcillosos.

REPARACION: Retirar el revestimiento y la base a la profundidad necesaria para alcanzar un soporte firme, que sobrepase cuando menos los 30 cm y colocar material adecuado, compactarse y luego revestirlo.

### V.3.- TIPOS DE DESINTEGRACION EN EL CONCRETO ASFALTICO

La desintegración en el resquebrajamiento de un revestimiento en fragmentos pequeños y sueltos, esto incluye la segregación de partículas del agregado. Si esto no se detiene desde el principio, puede continuar hasta que el revestimiento requiera una reconstrucción completa.

#### V.3.1.- Desintegración por Segregación

Es una separación o segregación progresiva de las partículas del agregado en el revestimiento desde la superficie hacia abajo o de las orillas hacia adentro. Generalmente se desprende primero el agregado fino y deja cacariza la superficie del revestimiento al continuar la erosión partículas más grandes se van desprendiendo.

CAUSA: La segregación es producida por falta de compactación durante la construcción, construcción durante tiempo lluvioso o frío, agregados sucios o que se desintegran, mezclas con deficiencia de asfalto o mezcla asfáltica sobrecalentada.

REPARACION: Aplíquese un tratamiento superficial como lechadora de sello, sello de arena, sello con agregado o mezcla de plan<sup>ta</sup> dependiendo de la condición de la superficie.



IJARRIANDO LA GRIETA CON  
ESCOBA Y AIRE.



114  
SELLANDO CON RECADERA Y ESPATULA  
DE MANO.



ESPARCIENDO ARENA SECA EN  
LA SUPERFICIE.



APLICANDO AGREGADO DE CUBIERTA.

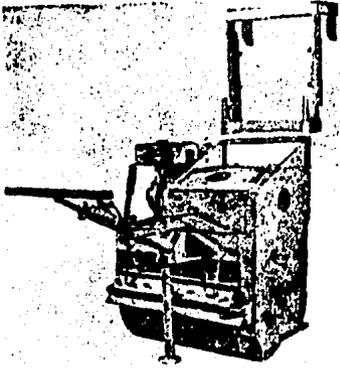
V.4.-

EQUIPO DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO INDISPENSABLES

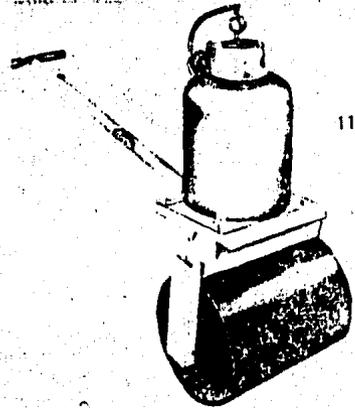
En este capítulo se presentan ilustraciones de algunas de las herramientas que facilitan el trabajo de conservación y mantenimiento de los revestimientos de concreto asfáltico. Varios fabricantes producen este tipo de herramientas, por lo tanto, las ilustraciones más bien representan tipos y no marcas

El cuidado adecuado del equipo de conservación y mantenimiento, es una de las funciones más importantes de la cuadrilla de conservación. Mucho del equipo que se usa en trabajos de conservación es costoso y complicado. La falta de lubricación adecuada, ajustes de motores y otros servicios periodicos generalmente resultan en tiempos perdidos, reparaciones costosas y reemplazos prematuros.

Además, la falta de cuidado del equipo frecuentemente dá por resultado trabajo poco satisfactorio que quizás tenga que repetirse.



RODILLO VIBRATORIO

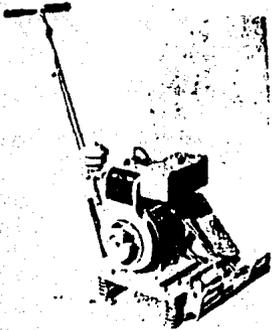


116

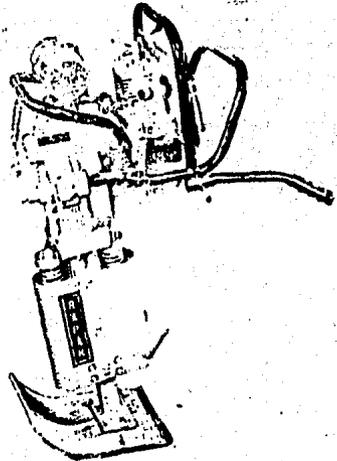
RODILLO CALIENTADO



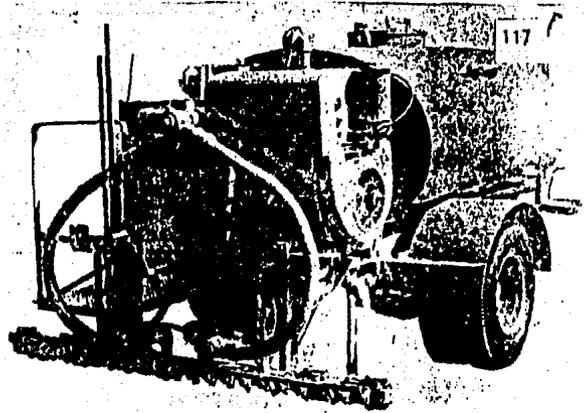
REPARTIDORA DE ASFALTO



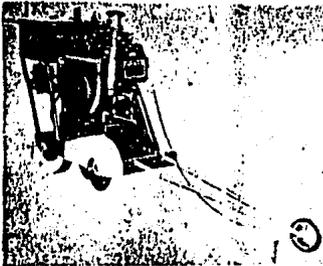
COMPACTADOR VIBRATORIO DE PLACA.



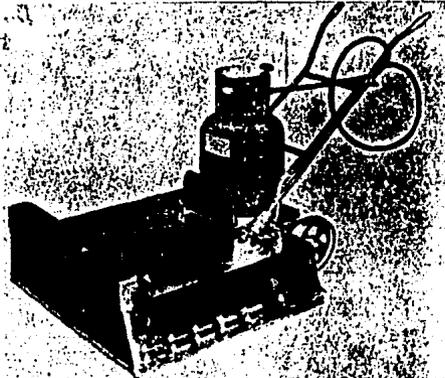
COMPACTADOR DE IMPACTOS.



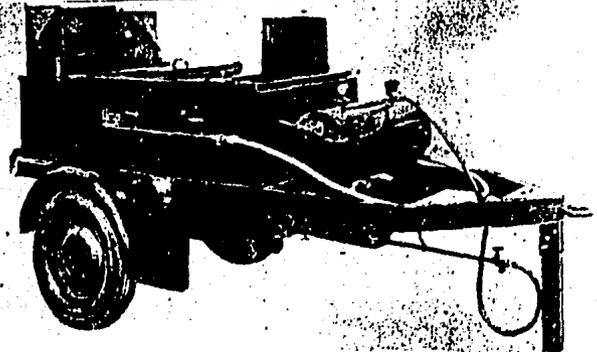
PETROLIZADORA DE CONSERVACION



SIERRA MECANICA PARA PAVIMENTOS.



CALENTADOR DE RAYOS INFRAROJOS.



CALENTADOR CON ASPERSOR DE MANO.

CONCLUSIONES

Y

SUGERENCIAS.

Una de las conclusiones más importantes a la que se ha llegado es la falta de un estudio amplio sobre el comportamiento estructural del revestimiento de canales con concreto asfáltico en nuestro país, ya que con la información que se cuenta a la fecha es mínima, razón por la cual este tipo de revestimiento no se aplica en gran cantidad a canales, en las diferentes zonas de riego que hay en la República Mexicana.

En el canal del Norte en B.C. aún no se tienen datos del comportamiento de servicio del canal por lo tanto no se tienen experiencias propias de este tipo de revestimientos.

Además es necesario conocer de una manera más a fondo el efecto de las condiciones climatológicas, ya que todo revestimiento para canales a base de concreto asfáltico está expuesto a las variaciones climatológicas siendo la variación de la temperatura uno de los factores más importantes para que falle o sufra deformación el revestimiento.

Como impermeabilizante el asfalto se a utilizado hace muchos años en las azoteas de las casas y edificación con buenos resultados.

Finalmente el revestimiento de concreto asfáltico para canales debe ser capaz de proporcionar una superficie tersa, impermeable, durable, flexible y capaz de resistir la fricción de las aguas que circulan a través de él.

La naturaleza del revestimiento debe ser tal que, resista la acción de los agentes del intemperismo (como son: viento, temperatura, lluvia etc) y no perder su capacidad de servicio.

El Ingeniero que se dedique a la construcción de revestimientos asfálticos, deberá conocer las propiedades y características del asfalto y mezclas asfálticas, así como tener conocimientos generales de mecánica de suelos en particular de suelos finos y gruesos.

Una de las sugerencias más importantes es que se considere el uso de concreto asfáltico en México ya que ofrece un medio más rápido y provechoso para revestir canales.

La ventaja principal del uso de este tipo de revestimiento es que se puede instalar más rápidamente para abatir el costo de construcción .

Además contamos con yacimientos de petróleo para varios años por lo tanto tenemos asfalto para revestir canales, ya que el petróleo es un recurso no renovable por lo tanto hay que explotarlo racionalmente, y que mejor que utilizarlo en los sistemas de riego que son la base para la agricultura y así poder volvernos autosuficientes en cuestión alimenticia.

## BIBLIOGRAFIA

- I            MANUAL DE CANALES DE LA S. A. R. H.
- II.          ESTUDIO Y TRADUCCION DE APUNTES SOBRE EL  
             REVESTIMIENTO DE CANALES CON CONCRETO ASFALTICO .  
             ING. FIDEL DURAN RAMIRES.  
             ARQ. ALEJANDRO ESTRADA CORONA
- III.        APUNTES Y ESTUDIOS DE LA PLANTA DE ASFALTO DEL D. F.
- IV.        OBRAS HIDRAULICAS DEL ING. FRANCISCO TORRES H.
- V.          CARACTERISTICAS DE LOS DISTRITOS DE RIEGO TOMO I.  
             S. A. R. H.
- VI.        MANUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DEL D. F.