

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

NUEVAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
5 de junio de 1998.

*Apuntes Generales*

Ing. Manuel Zarate Aquino  
Coatzacoalcos, Veracruz  
1998.

## CURSO NUEVAS TECNICAS DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

### TEMARIO

1. Aspectos conceptuales de los pavimentos.
  - Definición
  - Conceptos funcionales y estructurales
  - Estructuras típicas
  - Materiales convencionales y nuevos.
  
2. Nuevas técnicas en pavimentos flexibles.
  - Secciones tipo CRAM
  - Secciones invertidas
  - Secciones compensadas
  - Materiales asfálticos, cementos, emulsiones y modificadores
  - Estabilización de materiales, cemento portland, asfaltos, cal
  - Recuperación de pavimentos, asfaltos espumosos
  - Reciclado
  - Concreto fibroso
  - Concreto con agregados no convencionales
  - Carpetas especiales, slurry seal, open graded
  
3. Nuevas técnicas en pavimentos rígidos
  - Secciones compuestas, concreto rodillado
  - Secciones mixtas
  - Concreto vibrado
  - Concreto con refuerzo continuo
  - Concreto presforzado
  - White topping, fast track
  
4. Nuevos equipos
  - Plantas de producción
  - Equipos de transporte
  - Equipos de extendido y compactación
  - Equipos automatizados e inteligentes
  
5. Importancia de la supervisión y control de calidad

Se llevará a cabo el día 5 de junio de 1998  
Duración 7 hr.

**Un pavimento es un operador que funciona a base de respuestas, cuando es activado por funciones de excitación.**

**Físicamente el pavimento es un sistema multicapa, constituido por materiales de características mecánicas conocidas, dispuestos en capas de espesor conocido. De esta manera, el pavimento está caracterizado por las propiedades, disposición y cantidad de los materiales utilizados así como de la calidad de la construcción.**

**Cuando actúan sobre el pavimento funciones tales como las cargas producidas por el tránsito, se generan respuestas inmediatas del pavimento que obedecen leyes físicas identificadas como estados de esfuerzos, deformaciones unitarias y deflexiones.**

**La aplicación constante de esas sollicitaciones, conjuntamente con factores de tipo ambiental, entre otros, producen la presencia continua y repetida de los estados de esfuerzos, deformación permanente y deflexiones, lo que genera efectos de naturaleza permanente progresiva, acumulada interactivamente y dependientes del tiempo, denominados deterioros.**

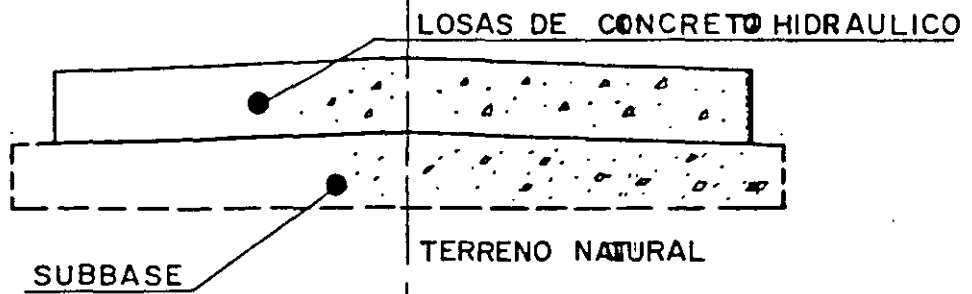
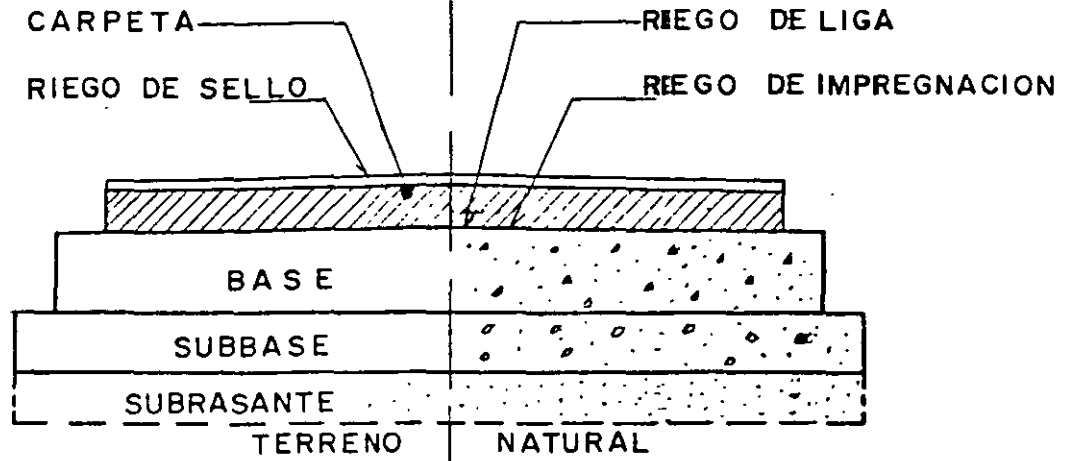
Los deterioros se clasifican principalmente en agrietamientos, distorsiones, desintegraciones y disminución de la resistencia al derrapamiento, cuya magnitud y extensión progresan con el tiempo, hasta alcanzar valores críticos, límite o terminales, que definen las condiciones de falla de los pavimentos.

El tiempo transcurrido hasta alcanzar las condiciones de falla constituye el ciclo de vida del pavimento, durante el cual, las condiciones y características del pavimento se degradan con el tiempo, dando lugar a una curva de comportamiento, que refleja propiamente el nivel de servicio que el pavimento proporciona al usuario, lo cual tiene a su vez importantes implicaciones de tipo económico.

El comportamiento es una medida de la eficiencia con la que el pavimento cumple con sus funciones respecto al usuario, en cuanto a los conceptos de seguridad, comodidad y economía.

El proyecto de un pavimento debe involucrar los aspectos de diseño estructural, materiales y su disposición, tránsito, clima, aspectos constructivos y estrategias de conservación, cuya eficiencia debe juzgarse a través de su curva de comportamiento y una evaluación beneficio costo.

ESTRUCTURAS  
PAVIMENTO ASFALTICO  
(FLEXIBLE)



PAVIMENTO DE CONCRETO  
(RIGIDO)

## PAVIMENTO

ESTRUCTURA CONSTITUIDA POR VARIAS CAPAS DE MATERIALES, QUE TIENE POR OBJETO PERMITIR EL TRANSITO DE VEHICULOS EN FORMA COMODA, SEGURA Y EFICIENTE, CON UN COSTO MINIMO.

UN PAVIMENTO ADECUADO ES EL QUE LLEGA A LA FALLA FUN--  
CIONAL DESPUES DE HABER RESISTIDO EL TRANSITO DE PRO--  
YECTO HASTA LLEGAR A LA CALIFICACION DE RECHAZO, CON -  
EL MENOR COSTO POSIBLE.

**PAVIMENTO:** SUPERESTRUCTURA DE UNA OBRA VIAL QUE HACE POSIBLE EL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS CON LA COMODIDAD, SEGURIDAD, EFICIENCIA, ECONOMÍA Y EN EL PLAZO PREVISTOS EN EL PROYECTO

- ATRIBUTOS:**
- a) CAPACIDAD PARA SOPORTAR LAS CARGAS
  - b) RESISTENCIA ADECUADA AL DERRAPAMIENTO
  - c) REGULARIDAD SUPERFICIAL LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL
  - d) RÁPIDA ELIMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL
  - e) BAJO NIVEL DE RUIDO
  - f) BAJO NIVEL DE DESGASTE DE LAS LLANTAS
  - g) ADECUADAS PROPIEDADES DE REFLEXIÓN LUMINOSA
  - h) APARIENCIA AGRADABLE

**IMPORTANTE:** RELACIÓN PROYECTO-CONSTRUCCIÓN-SUPERVISIÓN

## CONCEPTOS ESTABLECIDOS A PARTIR DE LA PRUEBA AASHO

- DIFERENCIACION ENTRE FALLA ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL.
- INDICE DE SERVICIO Y CALIFICACION ACTUAL
- NIVEL DE RECHAZO
- COMPORTAMIENTO
- INDICE DE ESPESOR
- CARGA EQUIVALENTE



ESTRUCTURAL.- COLAPSO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO O DE ALGUNO DE SUS COMPONENTES, DE TAL MANERA QUE EL PAVIMENTO ES INCAPAZ DE SOPORTAR LAS CARGAS O BIEN, SE REDUCE A UNA INTERRUPCION EN SU CONTINUIDAD O INTEGRIDAD. PUEDE DEGENERAR EN FALLA FUNCIONAL.

#### TIPO DE FALLA

FUNCIONAL.- EL PAVIMENTO NO CUMPLE CON SU FUNCION PRIMORDIAL, PROVOCANDO INCOMODIDAD E INSEGURIDAD EN EL USUARIO, ASI COMO ESFUERZOS IMPREVISTOS EN LOS VEHICULOS. NO SIEMPRE ESTA ACOMPAÑADA DE FALLA ESTRUCTURAL.

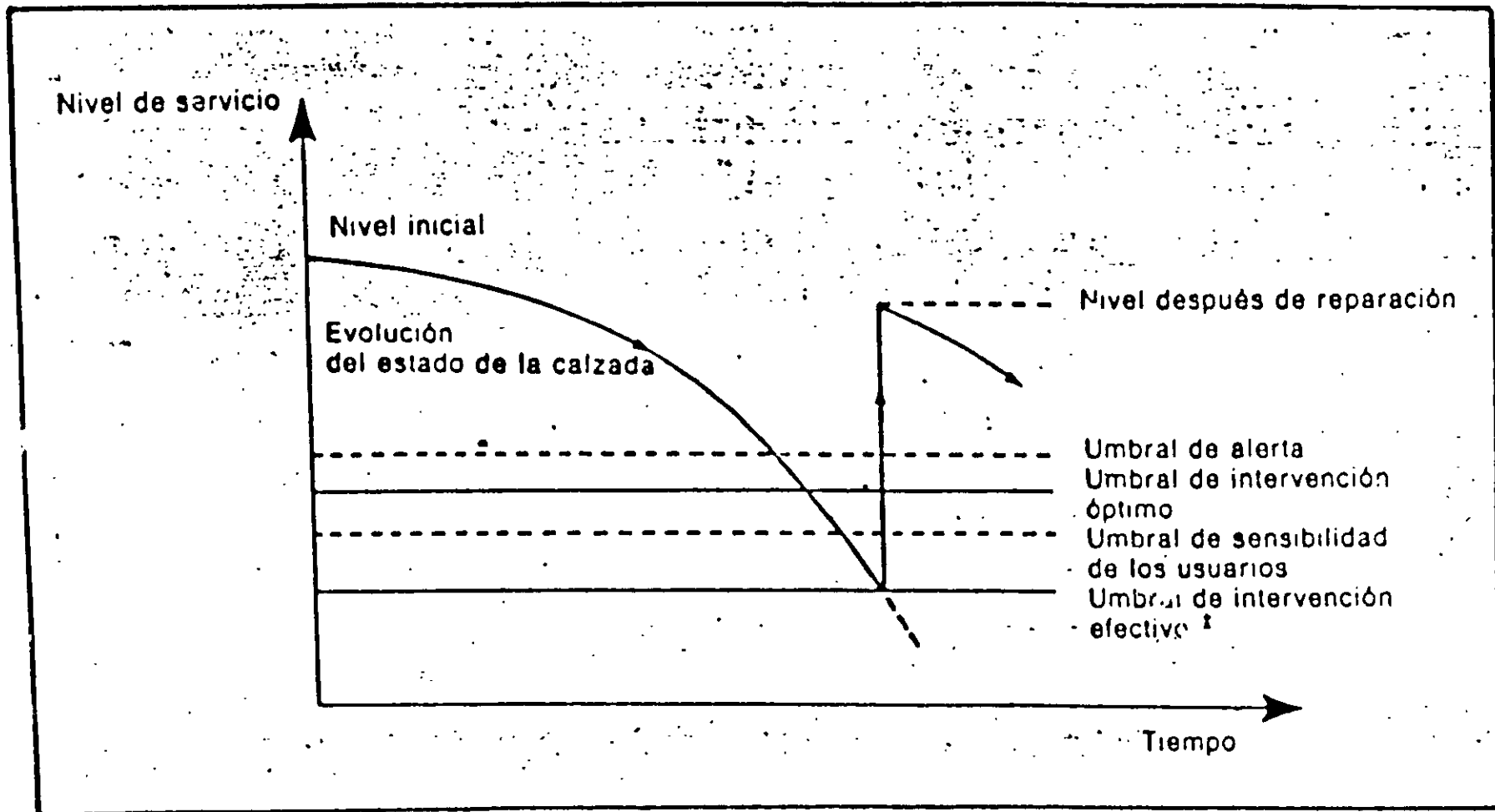
- NIVEL DE RECHAZO

MINIMO NIVEL DE SERVICIABILIDAD ACEPTADO EN UN TRAMO DE PAVIMENTO. SE ELIGE EN FUNCION DE LA CATEGORIA DE LA CARRETERA.

- COMPORTAMIENTO

VARIACION DE LA SERVICIABILIDAD CON RESPECTO AL TIEMPO. SE DETERMINA MEDIANTE EVALUACIONES PERIODICAS DEL PAVIMENTO.

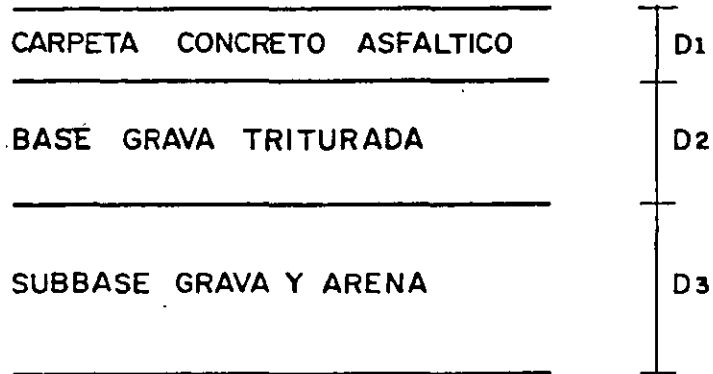
Figura 9. Evolución del nivel de servicio de una calzada



# INDICE DE ESPESOR

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

$$SN = 0.44 D_1 + 0.14 D_2 + 0.11 D_3$$



NUMERO ESTRUCTURAL SN=3  
NIVEL DE RECHAZO, P<sub>t</sub> = 2.5

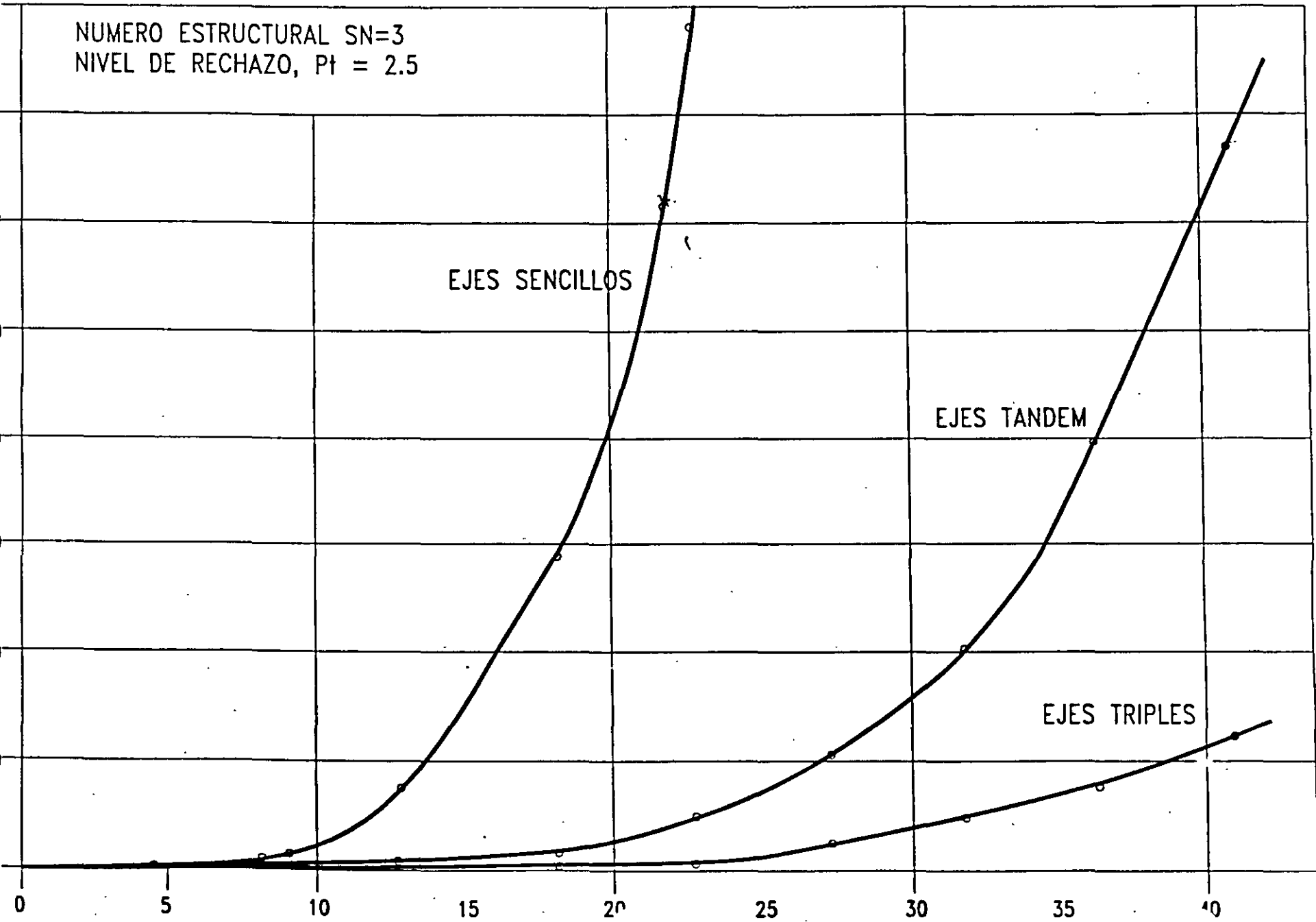
FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR EJE

EJES SENCILLOS

EJES TANDEM

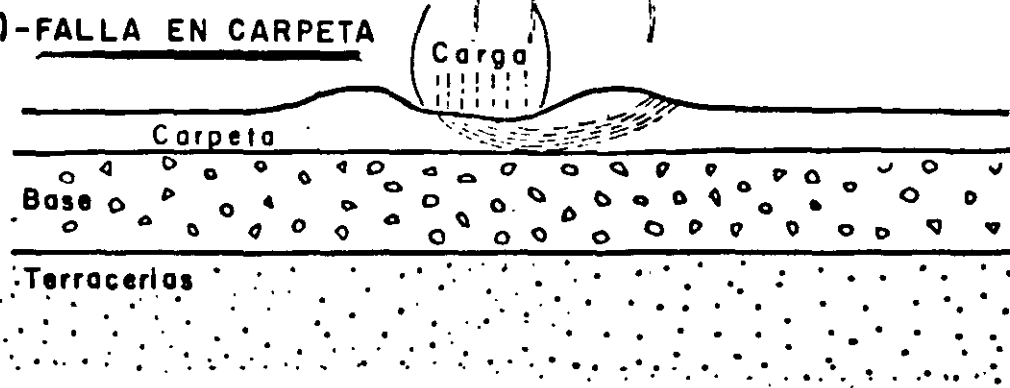
EJES TRIPLES

CARGA POR EJE, TONELADAS

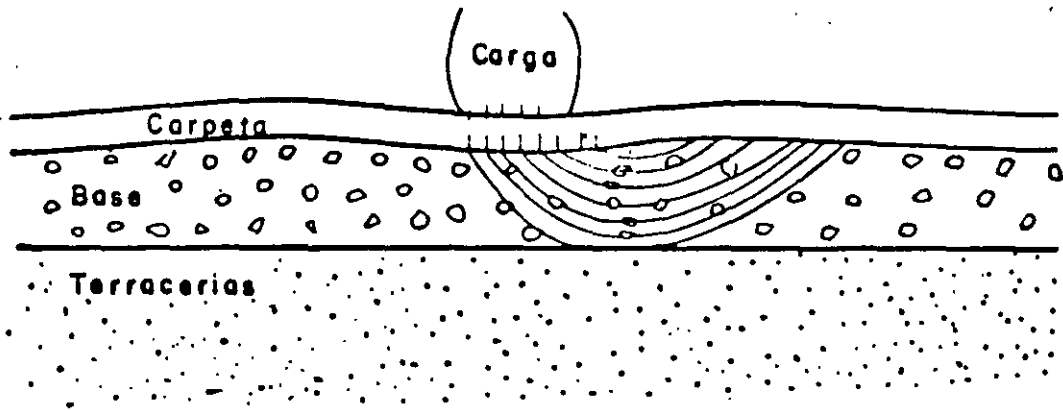


TIPOS DE FALLA

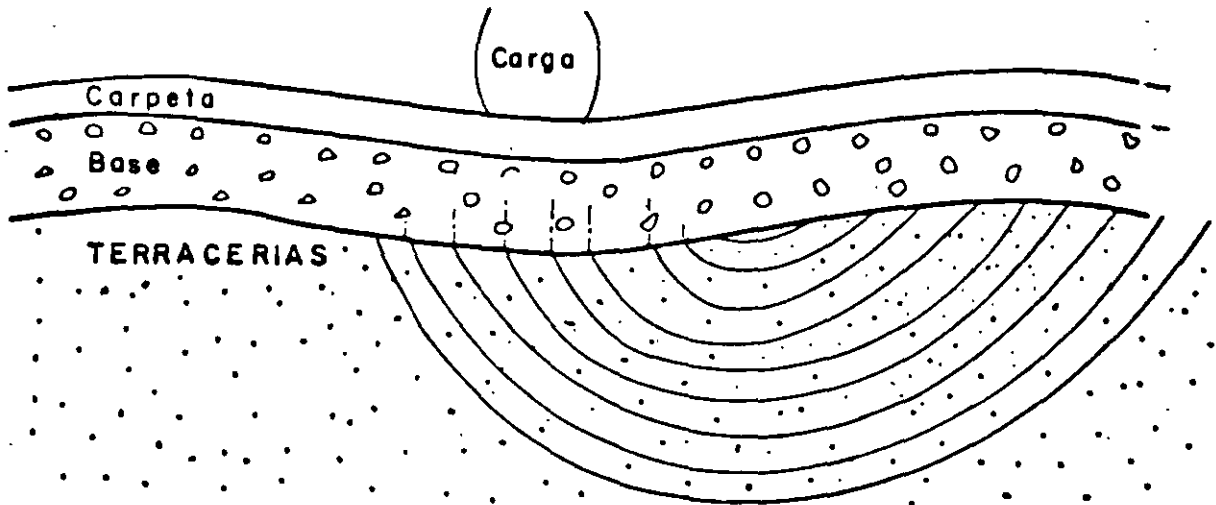
a) - FALLA EN CARPETA



b) - FALLA EN LA BASE

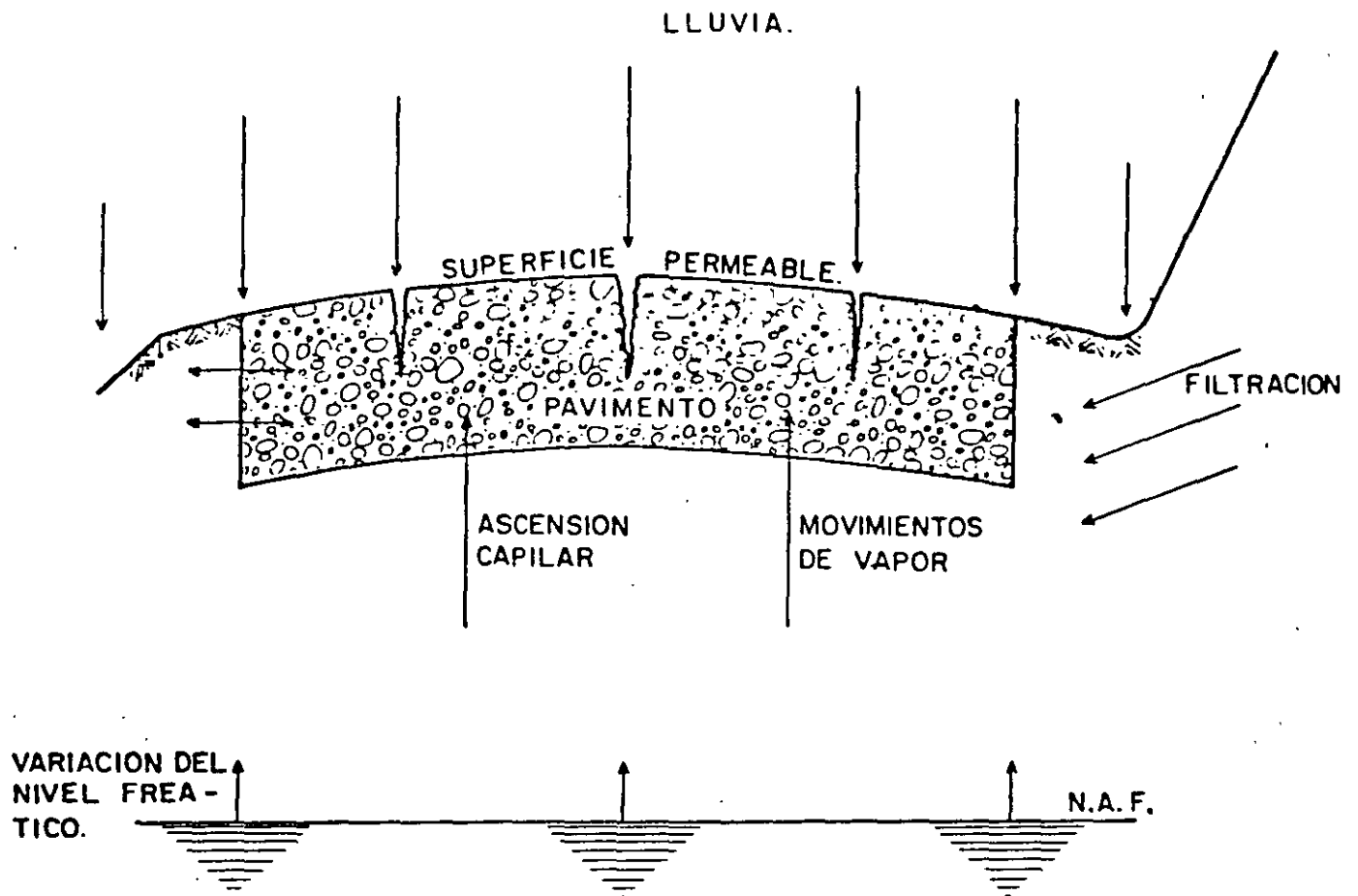


c) FALLA GENERAL DEL TERRENO DE CIMENTACION



# FACTORES QUE AFECTAN A LA VIDA UTIL DE UN PAVIMENTO

- TRANSITO
- MEDIO AMBIENTE
- CALIDAD DE LOS MATERIALES
- RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE
- CONDICIONES DE DRENAJE
- CALIDAD DE LA CONSTRUCCION
- NIVEL DE MANTENIMIENTO

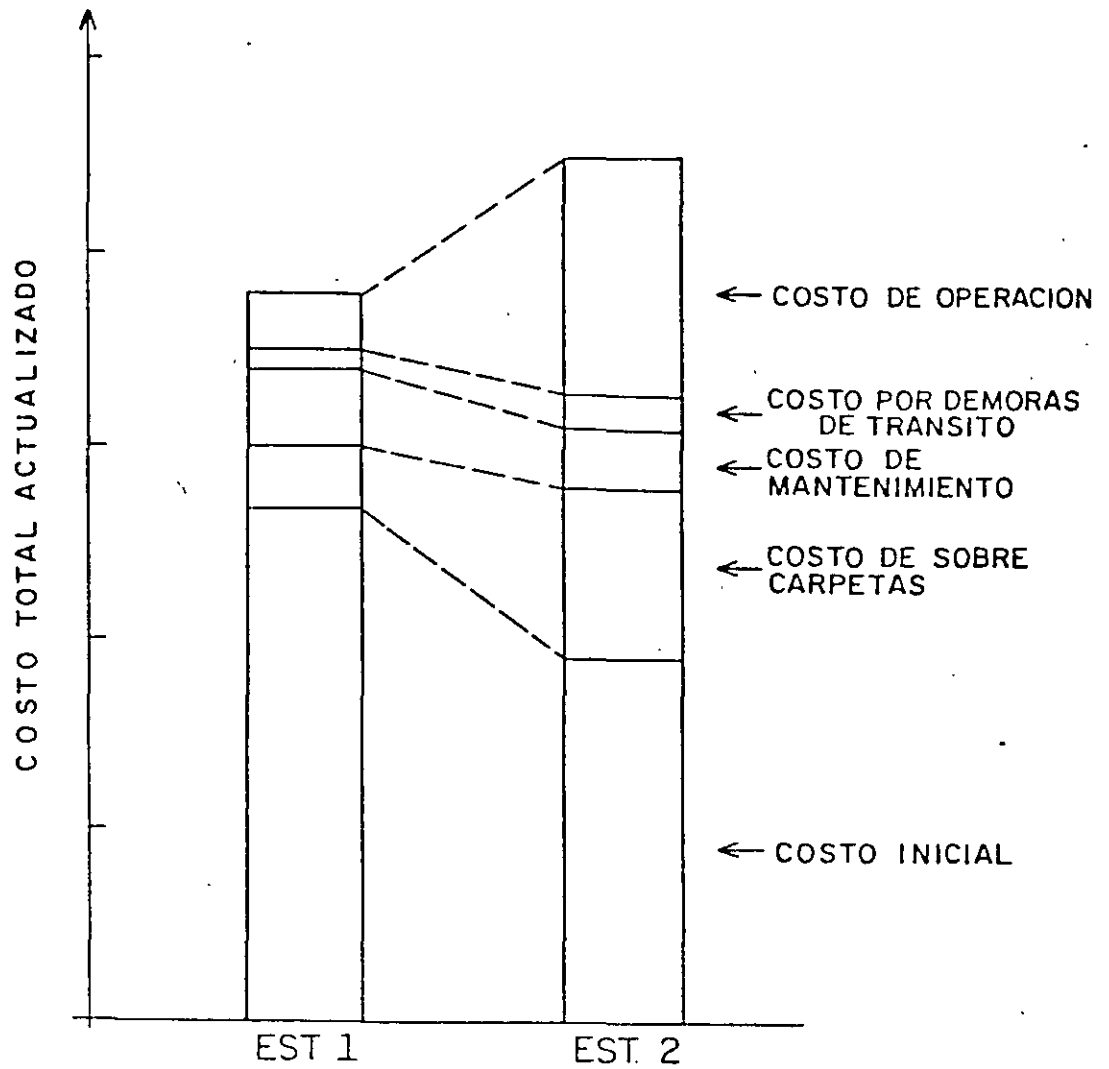
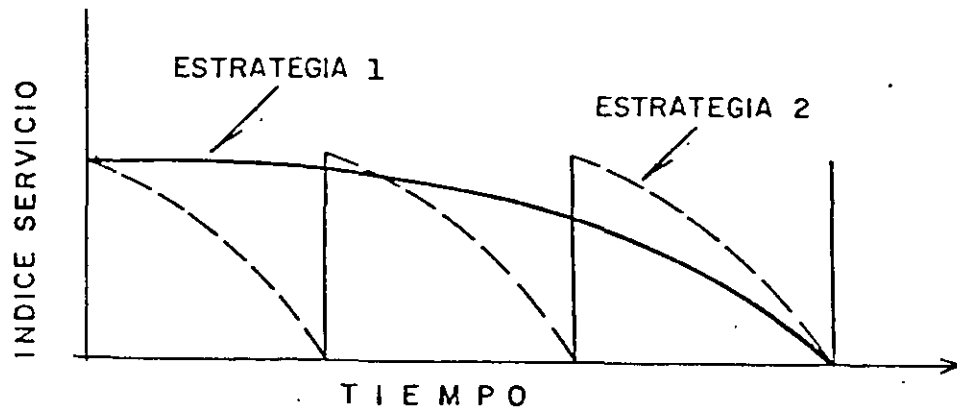


FORMAS EN QUE PUEDE ENTRAR  
EL AGUA AL PAVIMENTO.



# EFFECTOS DEL AGUA

- Resistencia
- Deformabilidad
- Cohesión
- Expansión
- Agrietamiento
- Solubilidad
- Colapsabilidad
- Licuación
- Corrosión
- Erosión
- Tubificación
- Congelamiento - deshielo



ALGUNOS FACTORES QUE DEBEN SER CONSIDERADOS PARA  
LA ESTRUCTURACION DE LOS PAVIMENTOS.

- PERFIL DE TRANSITO
- NIVEL DE MANTENIMIENTO
- COSTO DE OPERACION
- CONFIABILIDAD
- CALIDA DE RODAMIENTO
- NIVEL DE CONSISTENCIA
- DISPONIBILIDAD DE MATERIALES
- DISPONIBILIDAD DE FONDOS
- PROCEDIMIENTOS Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION
- PROBLEMAS ESPECIFICOS

## PAVIMENTOS FLEXIBLES

a) Convencional



Base hidráulica

Subbase

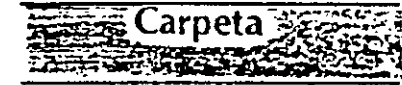
Capa subrasante

b) Asfáltico pleno  
(Full depth)



Capa subrasante

c) Diseño especial  
(CRAM)



Base hidráulica (densa)

Base hidráulica (abierta)

Carpeta asfáltica

Capa subrasante

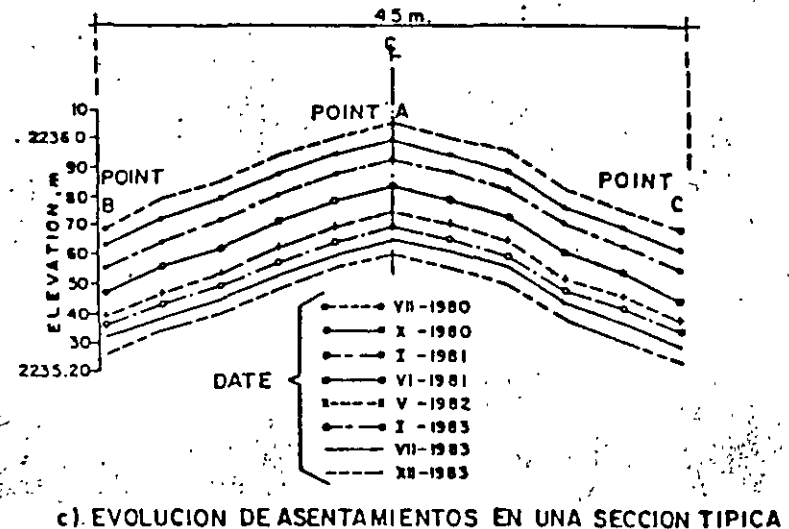
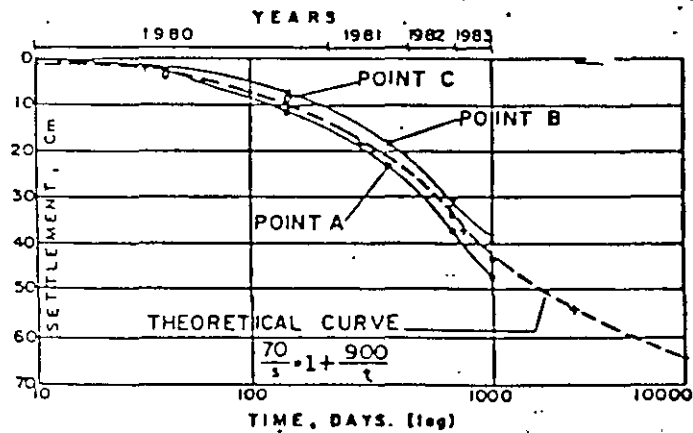
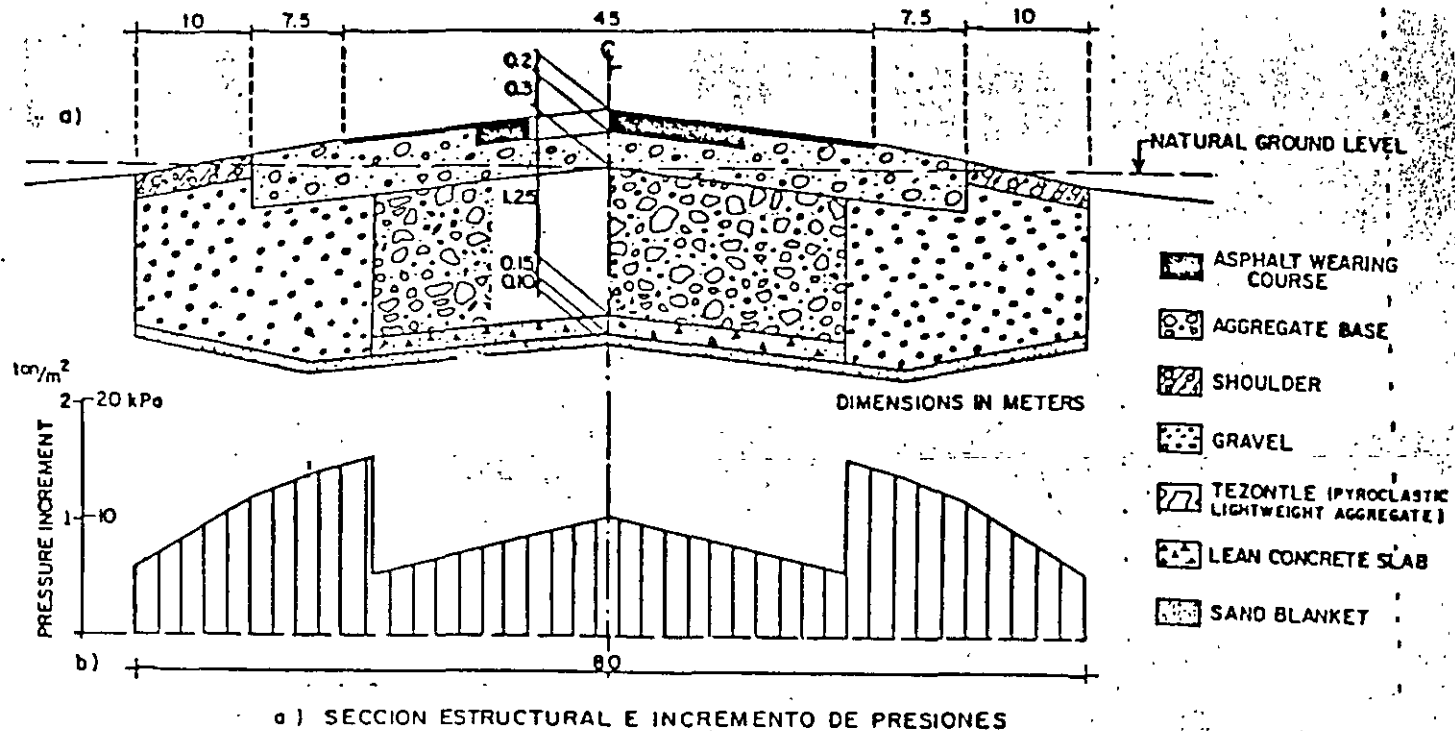


FIG 16.- TRAMO DE PRUEBA DE PISTA  
EVOLUCION DE ASENTAMIENTOS

known as a "hard" asphalt.

**REQUIREMENTS FOR ASPHALT CEMENT GRADED BY VISCOSITY AT 60° C (140° F)**  
 (Grading based on original asphalt)

TEST	VISCOSITY GRADE					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosity, 60 C (140 F), poises	250 ± 50	500 ± 100	1000 ± 200	2000 ± 400	3000 ± 600	4000 ± 800
Viscosity, 135 C (275 F), Cs-minimum	125	175	250	300	350	400
Penetration, 25 C (77 F), 100 g., 5 sec., minimum	220	140	80	60	50	40
Flash Point, CDC, C (F)-minimum	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubility in trichloroethylene, percent-minimum	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
<b>Tests on residue from Thin-Film Oven Test:</b>						
Loss on heating percent-maximum (optional) <sup>3</sup>		1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosity, 60 C (140 F), poises-maximum	1000	2000	4000	8000	12000	16000
Ductility, 25 C (77 F), 5 cm per minute cm-minimum	100 <sup>1</sup>	100	75	50	40	25
<b>Spot test (when and as specified)<sup>2</sup> with:</b>						
Standard naphtha solvent	Negative for all grades					
Naphtha-Xylene-solvent, % Xylene	Negative for all grades					
Heptane-Xylene-solvent, % Xylene	Negative for all grades					

<sup>1</sup>If ductility is less than 100, material will be accepted if ductility at 15 C (60 F) is 100 minimum.

<sup>2</sup>The use of the spot test is optional. When it is specified, the Engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha-xylene solvent, or the heptane-xylene solvent will be used in determining compliance with the requirement, and also, in the case of xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

<sup>3</sup>The use of loss on heating requirement is optional.

**FIGURE 2.3—Requirements for Asphalt Cement Graded by Viscosity (AASHTO M 226).**

**TABLE II-6—COMPOSITION OF TYPE II MIXES**  
(Open Graded)

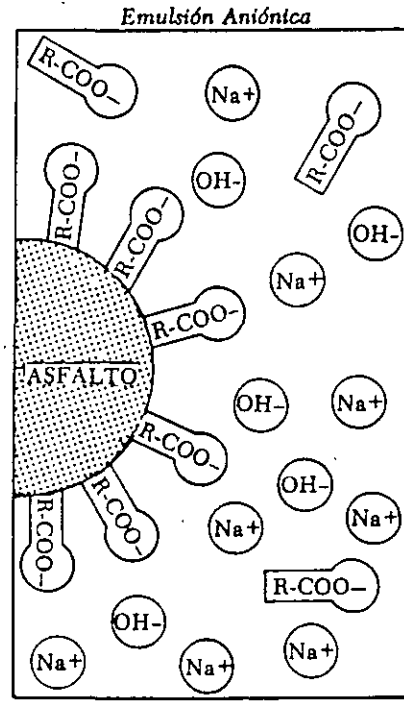
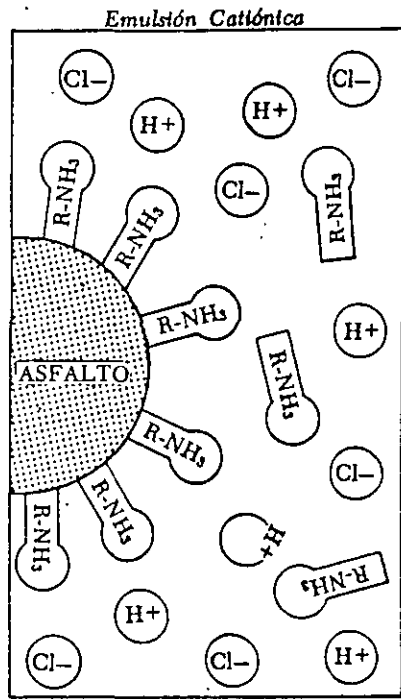
MIX NO.	IIa	IIb	IIc	II d	IIe
Use	Plant-Mix Surface Treatment	Surface Plant-Mix Surface Treatment	Surface	Base	Base
<b>Compacted Depth Recommended for Individual Courses</b>	¾ in.- ¾ in.	¾ in.- 1½ in.	1 in.-2 in.	1½ in.- 3 in.	3 in.-4 in.
<b>Sieve Sizes (Square Openings)</b>	<b>Percent Passing By Weight</b>				
1½ in.					100
1 in.				100	70—100
¾ in.			100	70—100	50—80
½ in.		100	70—100	—	—
⅜ in.	100	70—100	45—75	35—60	25—50
# 4	40—85	20—40	20—40	15—35	10—30
# 8	5—20	5—20	5—20	5—20	5—20
# 30	—	—	—	—	—
# 100	—	—	—	—	—
# 200	0—4	0—4	0—4	0—4	0—4

*Normal asphalt content 3.0-6.0% by weight of total mix. Upper limit may be raised when using absorptive aggregate.*

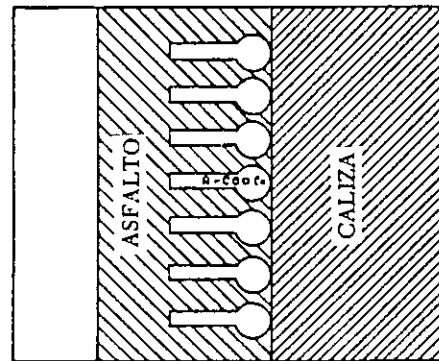
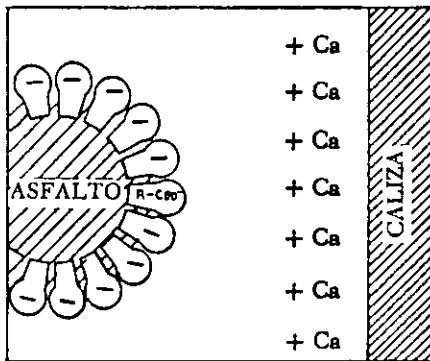
**Usual Applications:** *For all light and medium traffic classifications.*

**Traffic Limitations:** *Not recommended for heavy traffic classifications.*

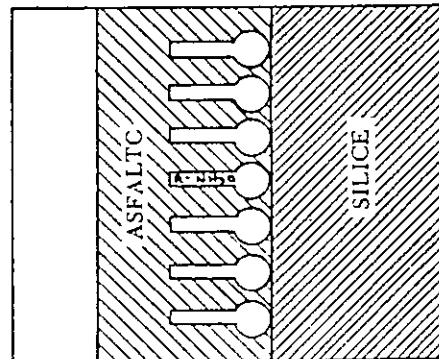
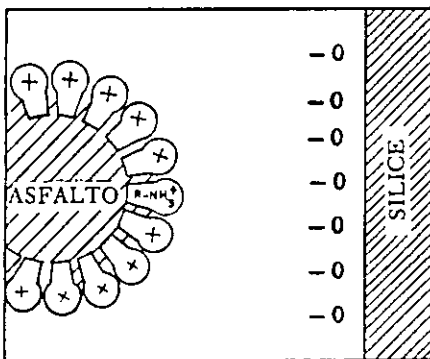
**Aggregate Required:** *Sound, angular crushed stone, crushed gravel, crushed slag and fine aggregate.*



Esquema de un Glóbulo que Forma una Emulsión Aniónica y una Catiónica, Respectivamente.



Acción de una Emulsión Aniónica con un Material Calizo.



Acción de una Emulsión Catiónica con un Material Silíceo.



Table A-4—SPECIFICATIONS FOR ANIONIC EMULSIFIED ASPHALTS

CHARACTERISTICS	AASHTO Test Method	ASTM Test Method	GRADES				
			Rapid Setting		Medium Setting	Slow Setting	
			RS-1	RS-2	MS-2	SS-1	SS-1h
<b>TESTS ON EMULSION</b>							
Fural Viscosity at 77°F., sec.	T59	D244	20-100	75-400	100+	-20-100	20-100
Fural Viscosity at 122°F., sec.			57+	62+	62+	57+	57+
Residue from Distillation, % by weight			3-	3-	3-	3-	3-
Settlement, 5 days, % difference			60+	50+	30-		
Demulsibility:			0.10-	0.10-	0.10-	0.10-	0.10-
35 ml. of 0.02 N CaCl <sub>2</sub> , %						2.0-	2.0-
50 ml. of 0.10 N CaCl <sub>2</sub> , %							
Sieve Test (Retained on No. 20), %							
Cement Mixing Test, %							
<b>TESTS ON RESIDUE</b>							
Penetration, 77°F., 100 g., 5 sec.	T49	D5	100-200	100-200	100-200	100-200	40-90
Solubility in Carbon Tetrachloride, %	T44 <sup>1</sup>	D4 <sup>1</sup>	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+
Ductility, 77°F., cms.	T51	D113	40+	40+	40+	40+	40+

<sup>1</sup> Except that carbon tetrachloride is used instead of carbon disulphide as solvent. Method No. 1 in AASHTO Method T44 or Procedure No. 1 in ASTM Method D4.

Table A-5—SPECIFICATIONS FOR CATIONIC EMULSIFIED ASPHALTS

CHARACTERISTICS	AASHTO Test Method	ASTM Test Method	GRADES					
			Rapid Setting		Medium Setting		Slow Setting	
			RS-2K	RS-3K	SM-K	CM-K	SS-K	SS-Kh
<b>TESTS ON EMULSION</b>								
Fural Viscosity at 77°F., sec.	T59	D244					20-100	20-100
Fural Viscosity at 122°F., sec.	T59	D244	20-100	100-400	50-500	50-500		
Residue from Distillation								
Residue, % by weight	T59	D244	60+	65+	60+	65+	57+	57+
Oil Distillate, % by Volume of Emulsion	T59	D244	5-	5-	20-	12-		
Settlement, 7 days, % difference	T59	D244	3-	3-	3-	3-	3-	3-
Sieve Test (Retained on No. 20), %	T59 <sup>1</sup>	D244 <sup>1</sup>	0.10-	0.10-	0.10-	0.10-	0.10-	0.10-
Aggregate Coating—Water Resistance Test		D244						
Dry Aggregate (Job), % Coated					80+	80+		
Wet Aggregate (Job), % Coated					60+	60+		
Cement Mixing Test, %	T59	D244					2-	2-
Particle Charge Test	T59A	D244	Positive	Positive	Positive	Positive		
pH	T200	E70					6.7-	6.7-
<b>TESTS ON RESIDUE</b>								
Penetration, 77°F., 100 g., 5 sec.	T49	D5	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	40-90
Solubility in Carbon Tetrachloride, %	T44 <sup>2</sup>	D4 <sup>2</sup>	97.0+	97.0+	97.0+	97.0+	97.0+	97.0+
Ductility, 77°F., cm.	T51	D113	40+	40+	40+	40+	40+	40+

<sup>1</sup> Except that distilled water is used instead of sodium oleate solution

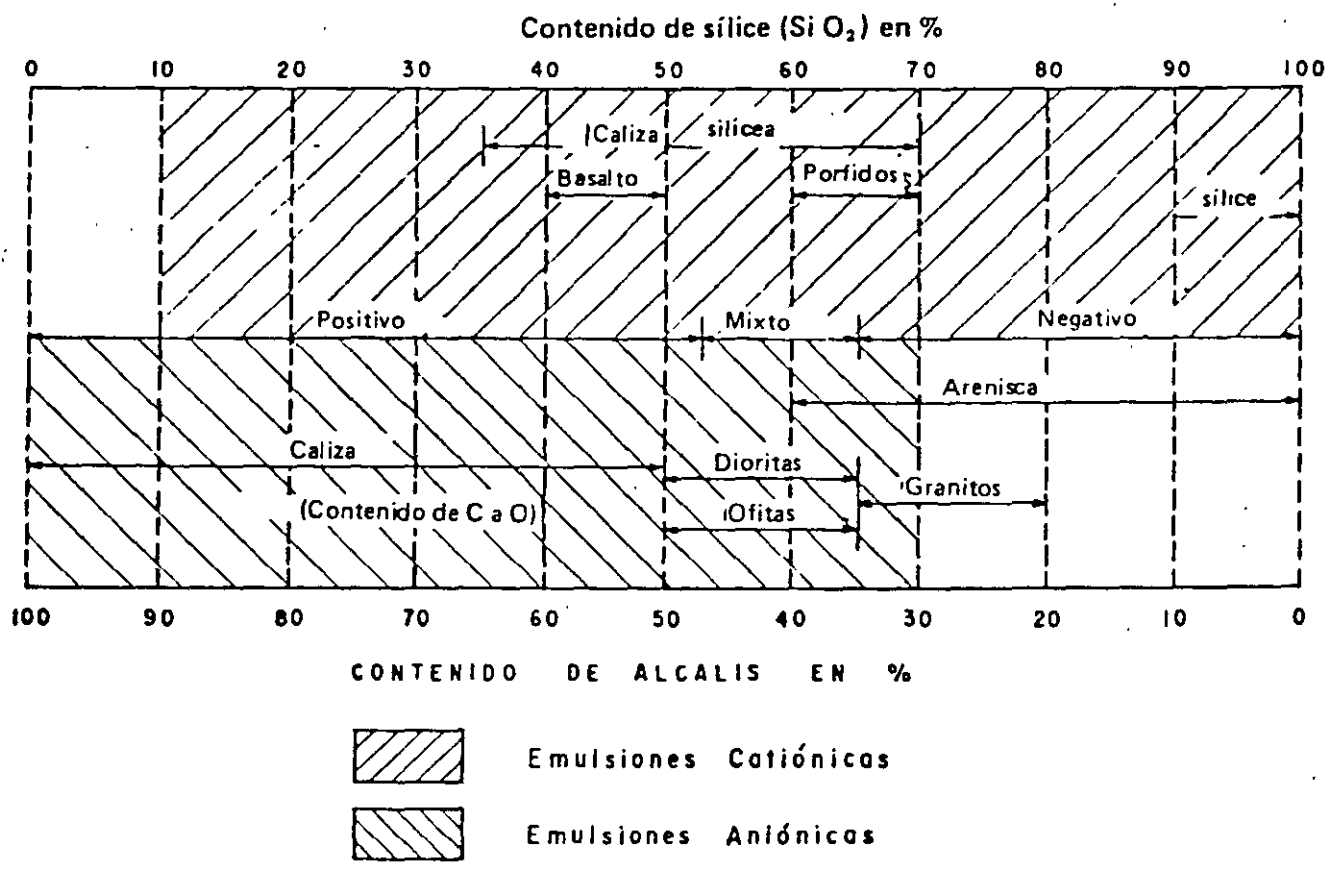
<sup>2</sup> Except that carbon tetrachloride is used instead of carbon disulphide as solvent. Method No. 1 in AASHTO Method T44 or Procedure No. 1 in ASTM Method D 4

Note: a) "K" in grade designations signifies cationic type

b) In Medium Setting Grades—

"SM" indicates sand mixing grade

"CM" indicates coarse aggregate mixing grade



*Figura IX.6* Clasificación de los agregados. (Fuerza Aérea, E.U.A.).

USO DE  
EMULSIONES



ECONOMIA

AHORRO DE ENERGIA

ASPECTOS PRACTICOS

ECOLOGIA

**LIMITACIONES DE  
L. S. EMULSIONES**

**MENOR RESISTENCIA**

**MANEJO MAS CUIDADOSO**

**ADECUACION A UN TIPO  
DE AGREGADO Y  
APLICACION**

**LIMITACIONES DE  
LAS EMULSIONES**

**MENOR RESISTENCIA**

**MANEJO MAS CUIDADOSO**

**ADECUACION A UN TIPO  
DE AGREGADO Y  
APLICACION**

Typical values of modulus of elasticity for various materials include

Material	E	
	(psi)	(MPa)
o Rubber	1,000	7
o Wood	1,000,000-2,000,000	7,000-14,000
o Aluminum	10,000,000	70,000
o Steel	30,000,000	200,000
o Diamond	170,000,000	1,200,000

Typical pavement materials

Material	E	
	(psi)	(MPa)
o Asphalt Concrete (32°F (0°C))	3,000,000	21,000
o Asphalt Concrete (70°F (21°C))	500,000	3,500
o Asphalt Concrete (120°F (49°C))	20,000	150
o Crushed Stone	20,000-100,000	150-750
o Sandy Soils	5,000-30,000	35-210
o Silty Soils	5,000-20,000	35-150
o Clayey Soils	5,000-15,000	35-100
o Stabilized Soils	5,000-3,000,000	35-21,000
o Portland Cement Concrete	3,000,000-8,000,000	20,000-56,000

Typical values of Poisson's ratio ( $\mu$ ) include:

Material	Poisson's Ratio
o Steel	0.25 - 0.30
o Aluminum	0.33
o PCC	0.15 - 0.20*
o Flexible Pavement	
o Asphalt Concrete	0.35 ( $\pm$ )
o Crushed Stone	0.40 ( $\pm$ )
o Soils (fine-grained)	0.45 ( $\pm$ )

\*Dynamic determination of  $\mu$  could approach 0.25 for PCC [Neville (1.4)]

## MODIFICADORES ASFALTICOS

TIPOS	EJEMPLOS								
1.- FINOS	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">MINERALES CARBON AZUFRE</td> <td style="width: 50%; border: none;">CEMENTO CAL CENIZAS ROCA TRITURADA</td> </tr> </table>	MINERALES CARBON AZUFRE	CEMENTO CAL CENIZAS ROCA TRITURADA						
MINERALES CARBON AZUFRE	CEMENTO CAL CENIZAS ROCA TRITURADA								
2.- HULE LATEX NATURALES (EMULSIONES) LATEX SINTETICO POLIMEROS HULE RECUPERADO	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">ESTIRENO BUTADIENO</td> <td style="width: 50%; border: none;">SBR SBS</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none; text-align: center;">LLANTAS</td> </tr> </table>	ESTIRENO BUTADIENO	SBR SBS	LLANTAS					
ESTIRENO BUTADIENO	SBR SBS								
LLANTAS									
3.- PLATICOS	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">POLIESTIRENO POLIPROPILENO ETILVINIL POLIVINIL</td> <td style="width: 50%; border: none;"></td> </tr> </table>	POLIESTIRENO POLIPROPILENO ETILVINIL POLIVINIL							
POLIESTIRENO POLIPROPILENO ETILVINIL POLIVINIL									
4.- COMBINACIONES	2. + 3								
5.- FIBRAS	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%; border: none;">NATURALES</td> <td style="width: 70%; border: none;"> <table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 10px;">ASBESTO MADERA PETRIFICADA</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">SINTETICAS</td> <td style="border: none;"> <table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 10px;">HULE VIDRIO POLIPROPILENO POLIESTER</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	NATURALES	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 10px;">ASBESTO MADERA PETRIFICADA</td> </tr> </table>	}	ASBESTO MADERA PETRIFICADA	SINTETICAS	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 10px;">HULE VIDRIO POLIPROPILENO POLIESTER</td> </tr> </table>	}	HULE VIDRIO POLIPROPILENO POLIESTER
NATURALES	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 10px;">ASBESTO MADERA PETRIFICADA</td> </tr> </table>	}	ASBESTO MADERA PETRIFICADA						
}	ASBESTO MADERA PETRIFICADA								
SINTETICAS	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 10px;">HULE VIDRIO POLIPROPILENO POLIESTER</td> </tr> </table>	}	HULE VIDRIO POLIPROPILENO POLIESTER						
}	HULE VIDRIO POLIPROPILENO POLIESTER								
6.- OXIDANTES	SALES DE MANGANESO (ASFALTOS OXIDADOS), IMPERMEABILIZANTES								
7.- ANTIOXIDANTES	CARBON MINERAL SALES DE CALCIO								
8.- HIDROCARBURO	ACEITES REJUVENECEDORES (1) ASFALTENOS NATURALES								
9.- ADHERENCIA	SILICONES (2) AMIDAS DE POLIMEROS CAL HIDRATADA								
10.- CATALIZADORES	CIEMCRETE								

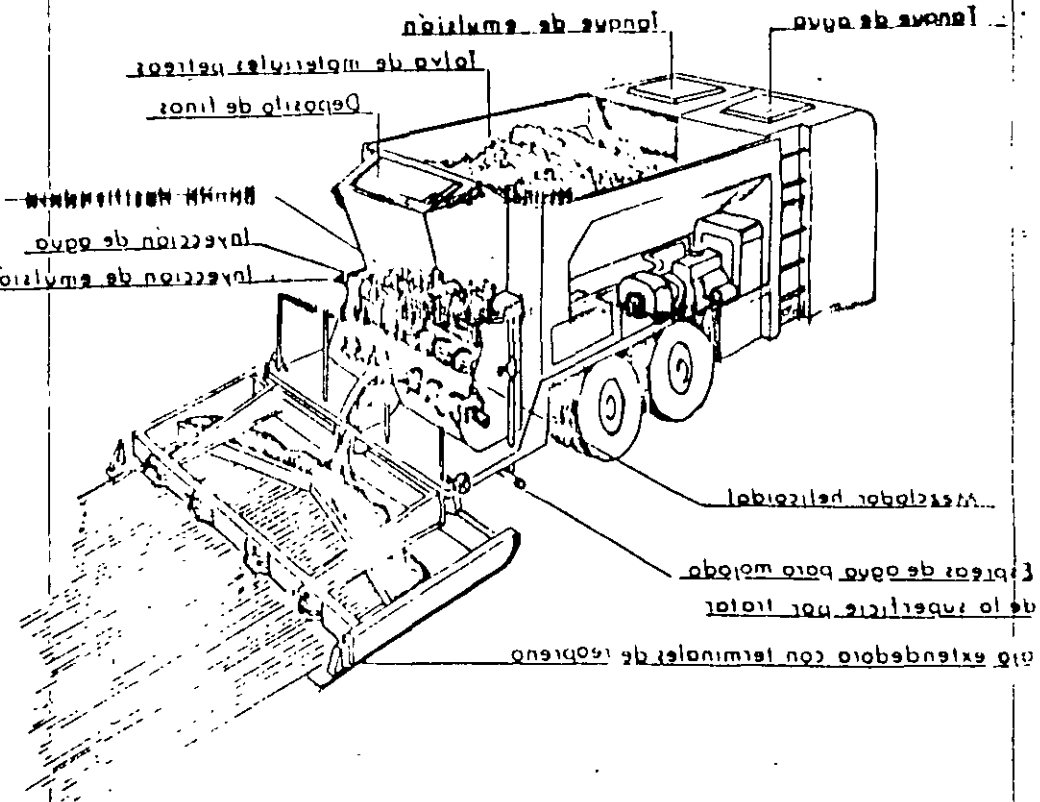
(1) No deben tener parafinas ni asfaltenos

(2) Repelente al agua

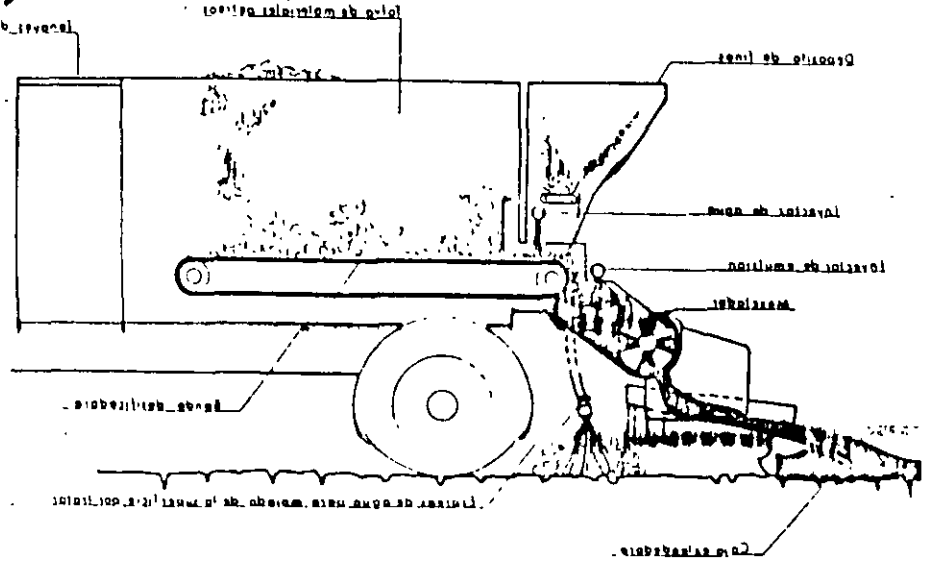




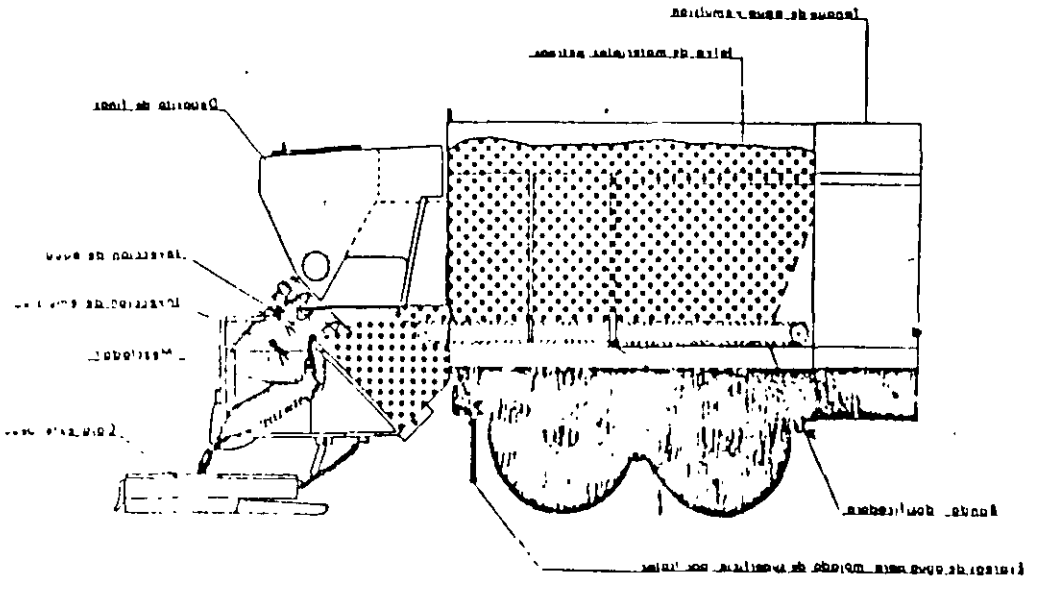
Emulsiones asfálticas



Máquina Extensora Tipo Rex



Máquina Extensora Tipo High-Way



Máquina Extensora Tipo Madison

# RECICLADO

## VENTAJAS

- UTILIZACION DE LOS MATERIALES EXISTENTES
- PRODUCE UNA LIGERA O IMPORTANTE MEJORA ESTRUCTURAL
- SOLUCIONA TODO TIPO DE DETERIORO
- REDUCE O ELIMINA EL AGRIETAMIENTO POR REFLEXION
- MEJORA LA CALIDAD DE RODAMIENTO Y LA RESISTENCIA AL DERRAPAMIENTO
- RESUELVE PROBLEMAS DE CONTROLES GEOMETRICOS
- PUEDE ESTABLECERSE UN BUEN CONTROL DE CALIDAD

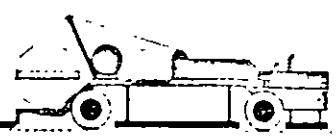
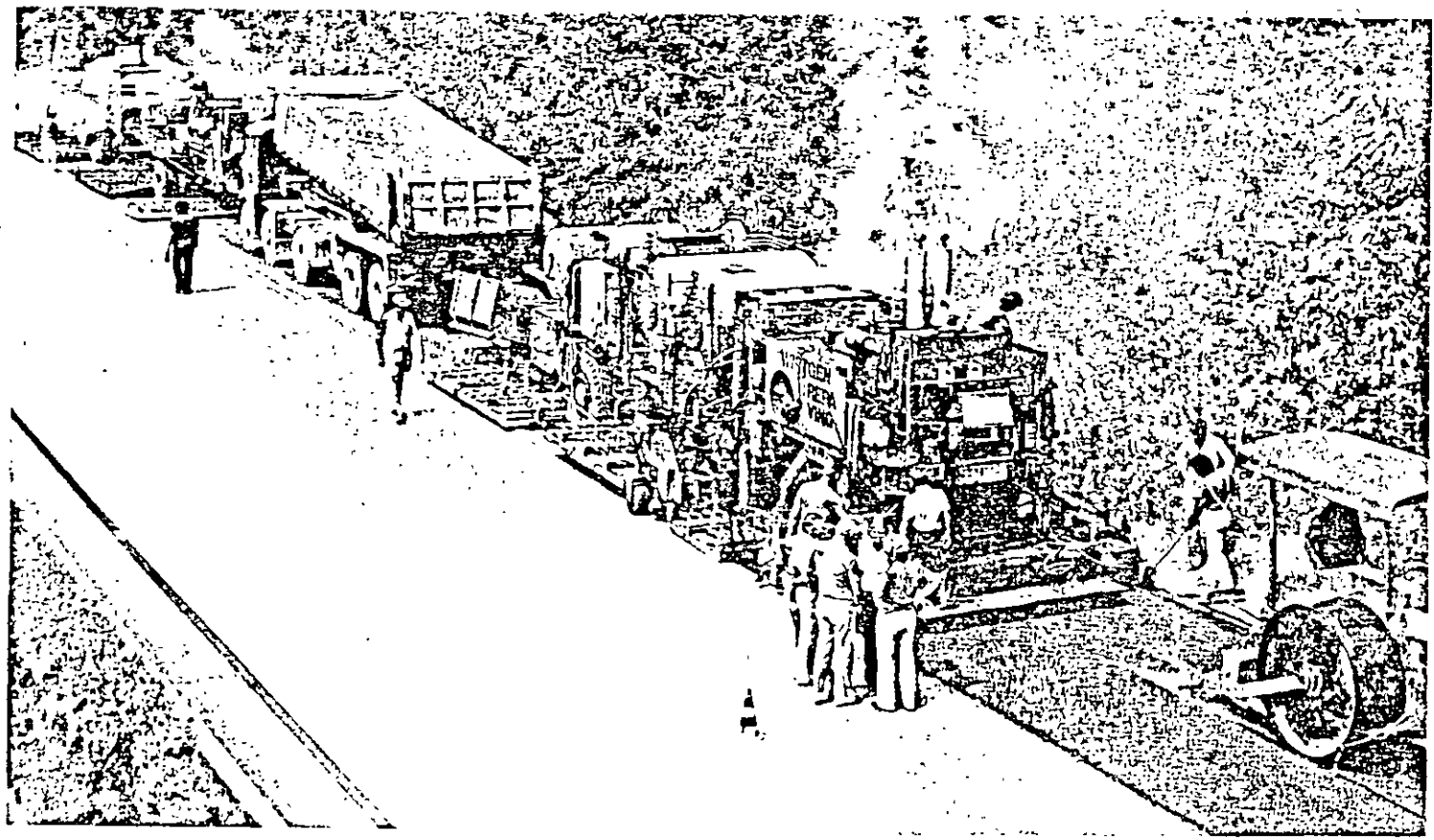
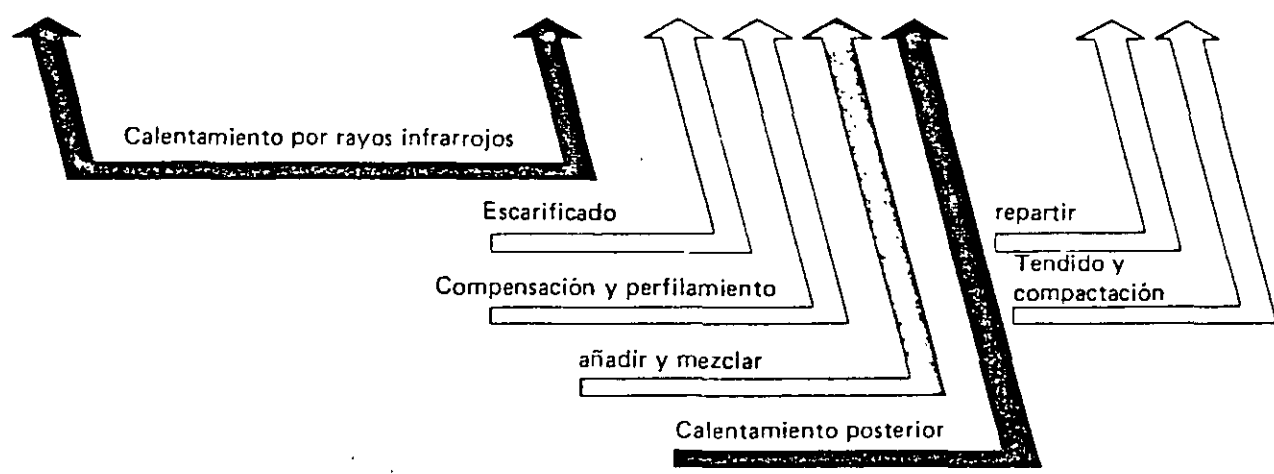
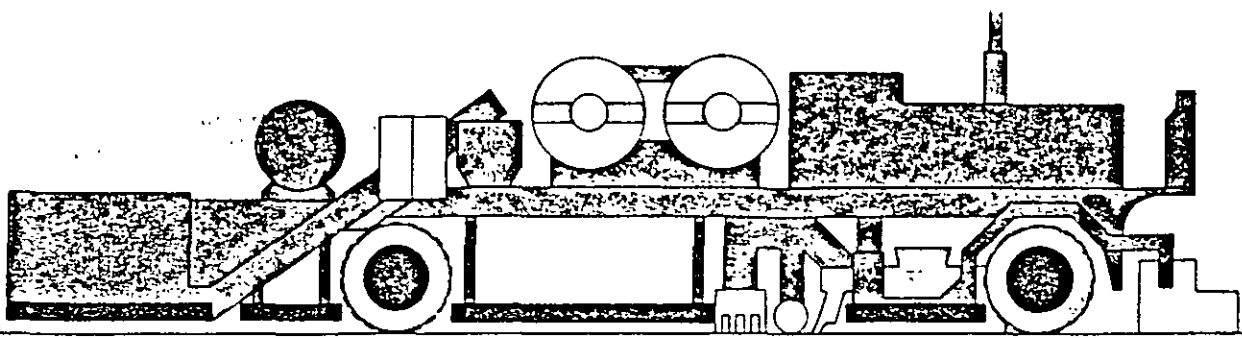
## DESVENTAJAS

- INTERFERENCIAS CON EL TRANSITO
- COSTO
- PROBLEMAS DE CONTAMINACION Y DAÑOS A LA VEGETACION
- NO RESUELVE PROBLEMAS OCASIONADOS POR TERRACERIAS DEBILES

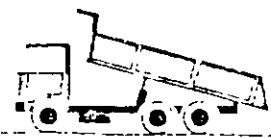
## RECICLADO

### MATERIALES

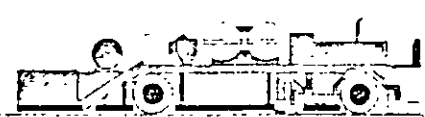
- AGREGADOS EXISTENTES
  - NUEVOS AGREGADOS
  - ASFALTO
- 
- AGENTES REJUVENECEDORES



aparato precalentador



camión con mezcla suplementaria



mezclador Wirtgen



rodillo

## **PAVIMENTOS RIGIDOS**

---

**Concreto de Cemento Portland**

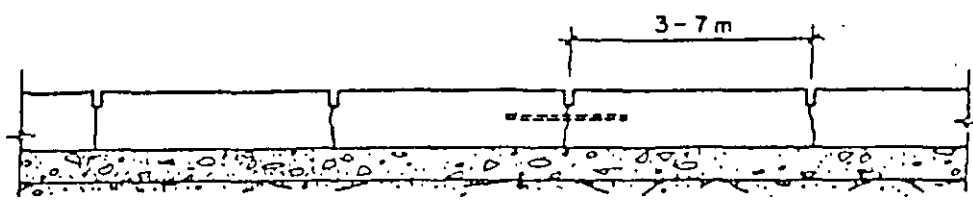
---

**Base hidráulica o tratada**

---

- **Concreto simple vibrado**
- **Concreto simple compactado con rodillos**
- **Concreto reforzado con juntas o continuo**
- **Concreto presforzado**
- **Concreto fibroso**

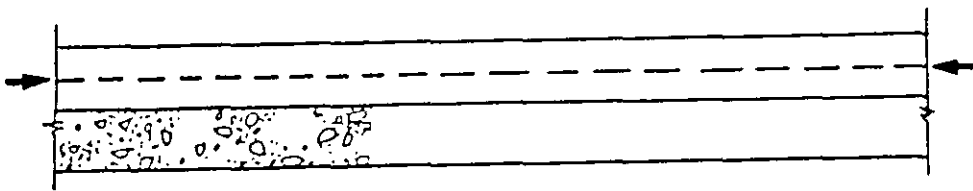
15



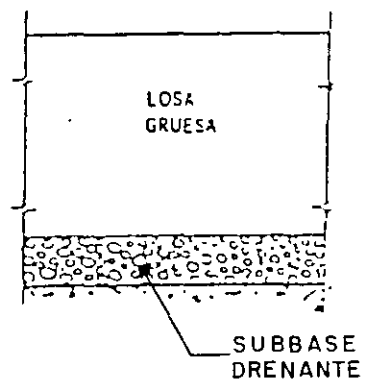
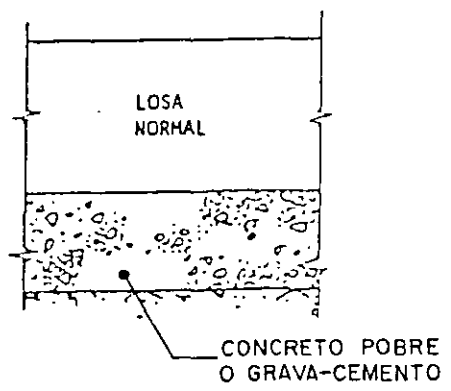
PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLE



PAVIMENTO DE CONCRETO CON REFUERZO CONTINUO



PAVIMENTO DE CONCRETO PRESFORZADO



TIPOS DE LOSAS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS

( SIN ESCALA )

## CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO

- RESISTENCIA, DETERMINADA MEDIANTE EL MODULO DE RUPTURA A LA TENSIÓN POR FLEXIÓN A 28 DÍAS.

**35 A 50 KG/CM<sup>2</sup>**

**NO MENOR QUE 40 KG/CM<sup>2</sup> PARA CARRETERAS DE PRIMER ORDEN Y AUTOPISTAS**

- REVENIMIENTO, (DEBE EVITARSE SANGRADO, AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN Y ASENTAMIENTOS)

<b>TIPO DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>REVENIMIENTO RECOMENDADO CM</b>
<b>CON CIMBRA DESLIZANTE</b>	<b>1-6</b>
<b>CON CIMBRA FIJA</b>	<b>4.7</b>
<b>COLOCACIÓN MANUAL</b>	<b>10 MÁXIMO</b>
<b>RODILLADO</b>	<b>0</b>

**TAMANO MAXIMO DE AGREGADOS**  
**(EVITAR SEGREGACION, OBTENER MEJOR ACABADO SUPERFICIAL Y ECONOMIA)**

TIPO DE CONCRETO	TAMANO MAXIMO cm
VIBRADO	5
COMPACTADO	2

**RELACION AGUA-CEMENTO**  
**(CONTROLAR CONTENIDO DE AGUA, OBTENER DURABILIDAD Y ALCANZAR RESISTENCIA DE PROYECTO)**

TIPO DE CONCRETO	RELACION AGUA-CEMENTO
VIBRADO	0.46 - 0.54
COMPACTADO	0.30 - 0.35

**CONTENIDO CEMENTO**  
**(DURABILIDAD, RESISTENCIA A EFECTOS DEL TRANSIDO Y AMBIENTALES)**

**300 KG/M3 COMO MINIMO**



## ADITIVOS

(MEJORAR O MODIFICAR CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO, REQUIERE RESPALDO DE LABORATORIO)

- INCLUSORES DE AIRE
  
- REDUCTORES DE AGUA

---

- RETARDANTES DE FRAGUADO
  
- REDUCTORES DE AGUA DE ALTO RANGO
  
- ADITIVOS PUZOLANICOS

# Concreto Rodillado

23

## Características

- Resistencia.
- Durabilidad.
- Economía. (15-30 %)
- Goza de las ventajas del suelo cemento y del concreto normal.
- Equipo de construcción sencillo

## Usos

Pavimento para tránsito pesado, de baja velocidad, en donde la textura y rugosidad no son muy importantes.

- Equipo :
- Planta mezcladora para suelo cemento, bases estabilizadas ó concreto concreto asfáltico.
  - Camiones volteo.
  - Extendedora.
  - Rodillo vibratorio.(10 T)(4 pasadas)
  - Rodillo neumático. (20 T)
- 
- Rodillo metálico. (5-10 T)

- Curado:
- Agua (24 hr.)
  - Membrana
  - Telas húmedas

Control de calidad: Contenido de agua.

Granulometría.

Calibración de la planta.

Peso volumétrico compacto

Cilindros y vigas.

Depresiones y espesor.

Juntas

Frias.- Deben evitarse.

Colocación a 25 y 30m

Frescas.- La colocación del  
concreto es antes  
de los 90 min.

Contracción.- Aserradas entre  
15 y 25 m  
durante los las  
primeras 24 hr.  
deben sellarse.

# Diseño

Parámetros : Módulo de reacción.  
Tránsito.  
Módulo de ruptura.

Agregados : Tamaño máximo: 19 mm  
Bien graduada.  
Contenido en finos. 5-10%  
Límite líquido. 20% máx  
Índice plástico. 4% máx

---

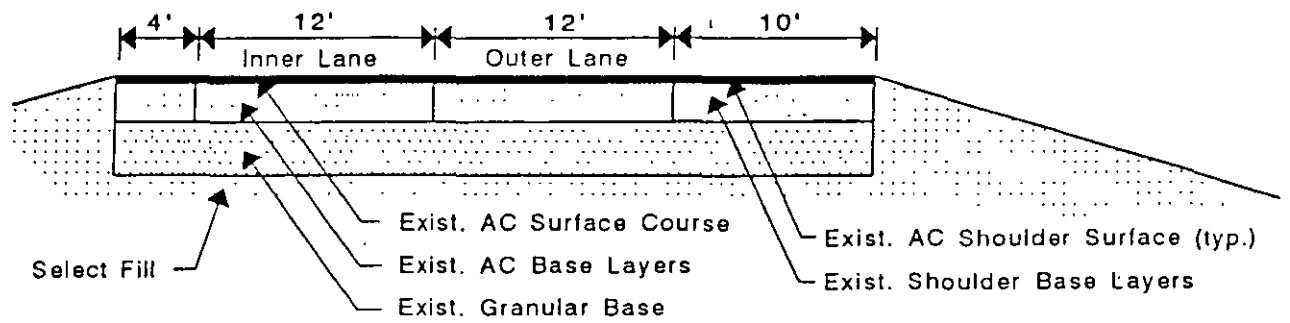
Relacion agua-cemento : 0.3-0.4 %

Proporcionamiento : Cemento para llenar los  
vacíos con pasta.

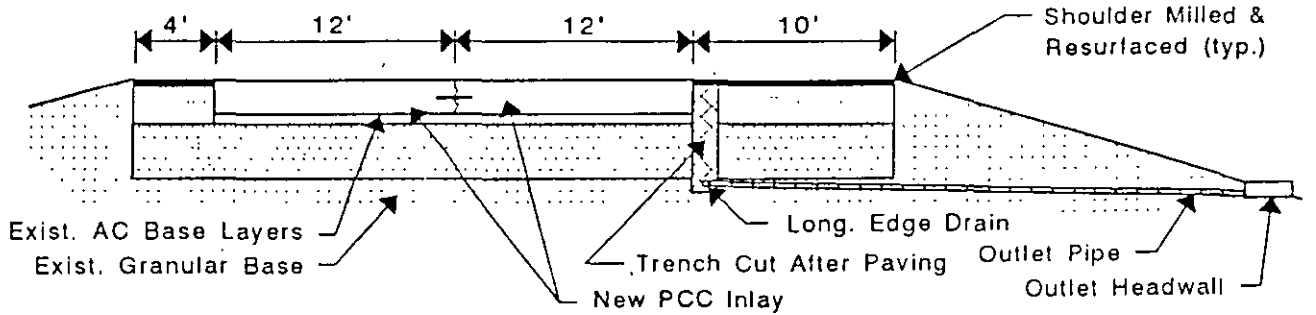
Puzolanos ó cenizas  
volantes : 20 a 40 % CP.

Retardantes e  
inclusores de aire

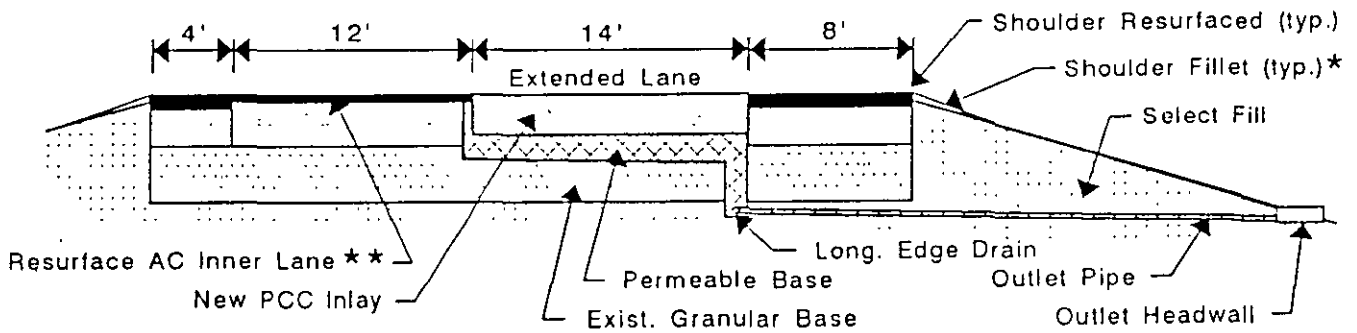
## EXISTING ASPHALT SECTION



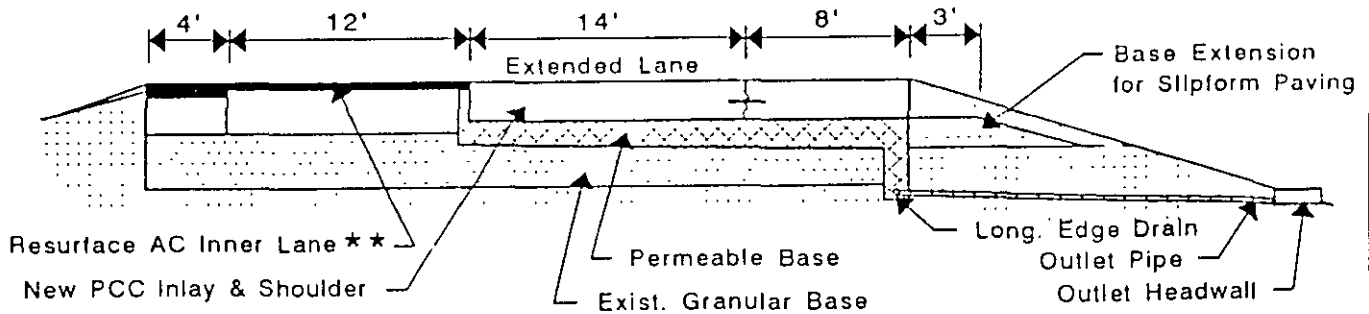
## FULL-WIDTH



## LANE-SPECIFIC



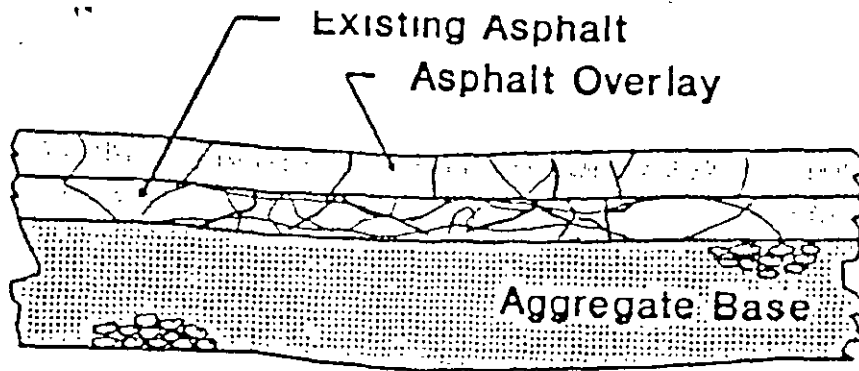
## LANE-SPECIFIC WITH SHOULDER



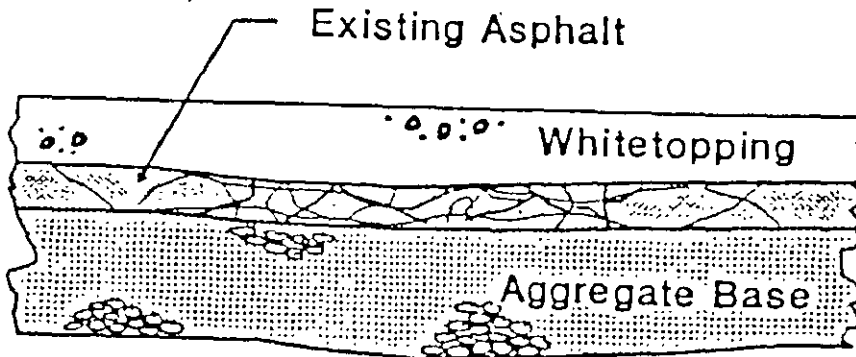
\* Fillet material from asphalt millings.

\*\* Thickness determined by inlay surface elevation (2 in. typical).

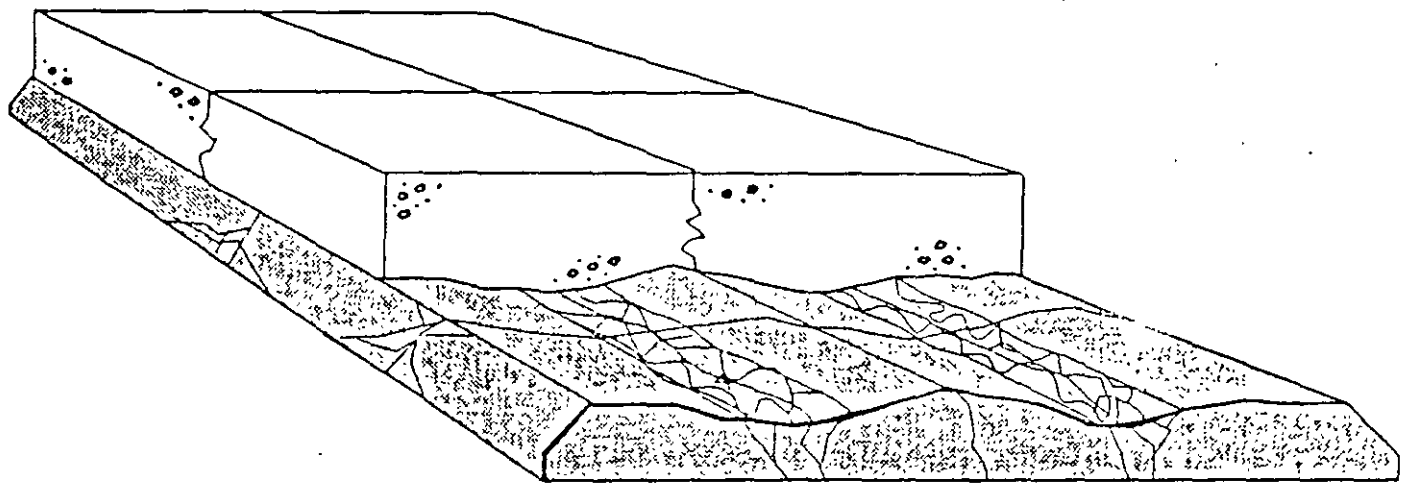
Figure 3 Inlay concepts for existing asphalt roadway pavements



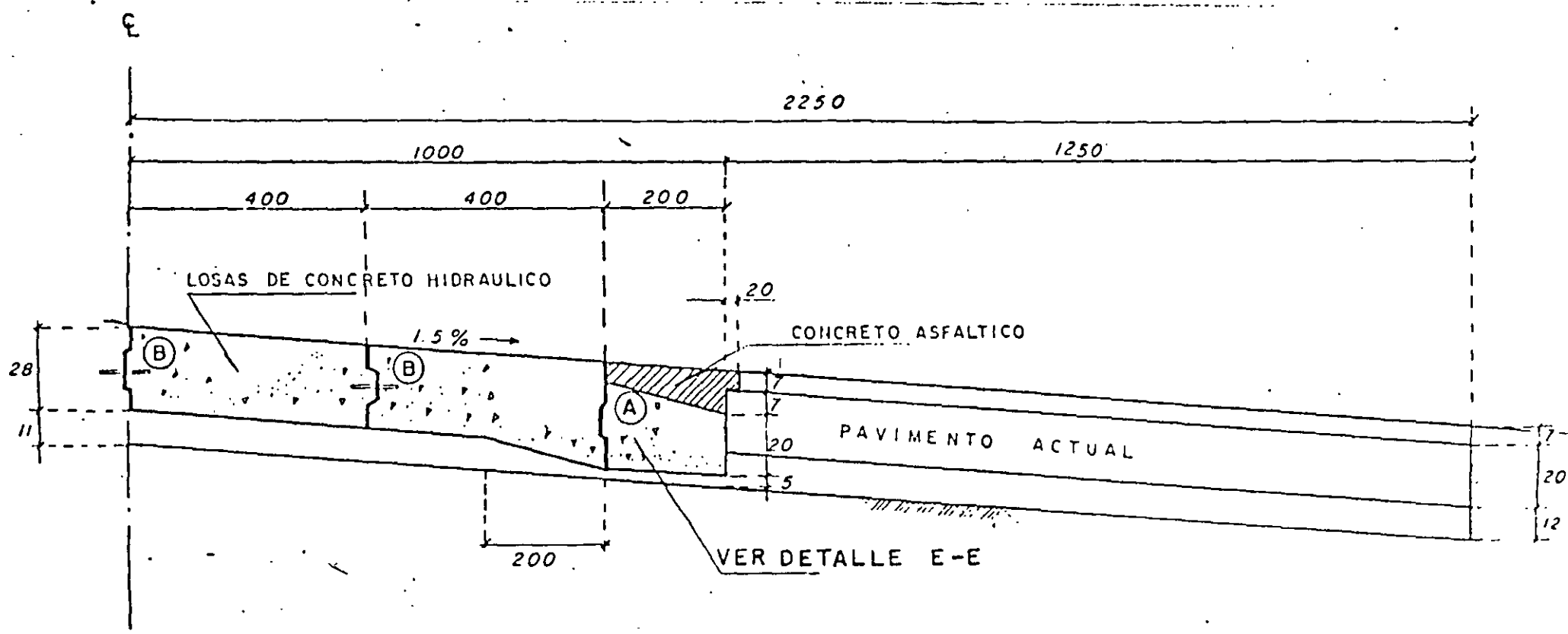
Asphalt Reflects Existing Problems



Concrete Bridges Problems



(WHITETOPPING)



MEDIA SECCION TIPO 3



## **Pavimentos compuestos**

**Concreto asfáltico denso**  
**Base asfáltica (abierto)**

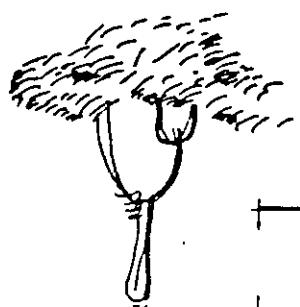
---

**Losas de concreto hidráulico**

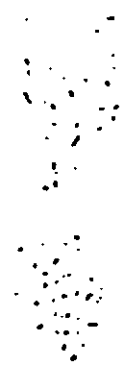
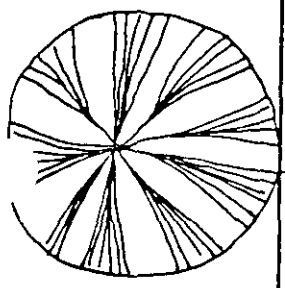
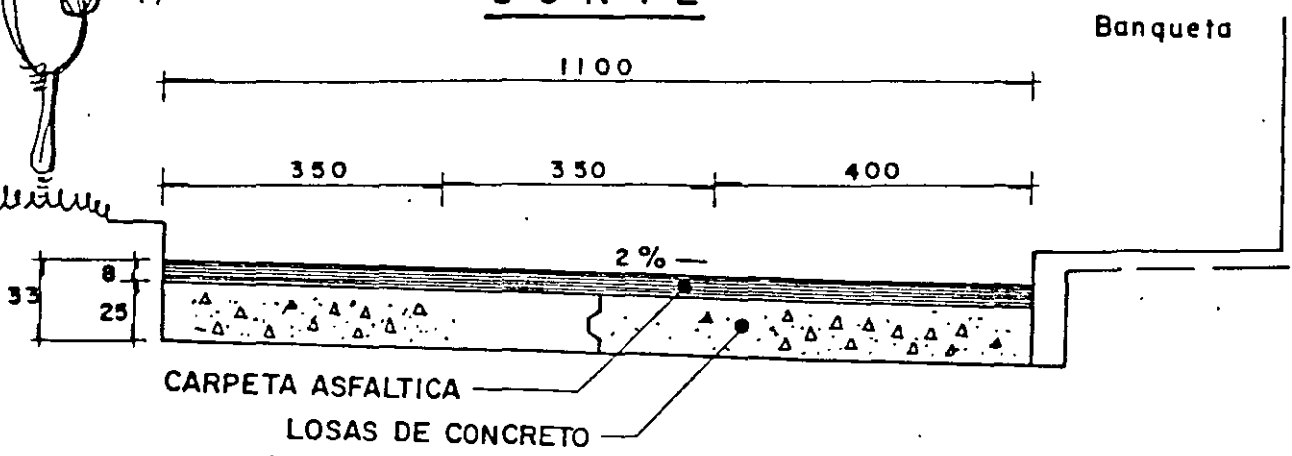
**Subbase drenante**

**Subrasante mejorada**

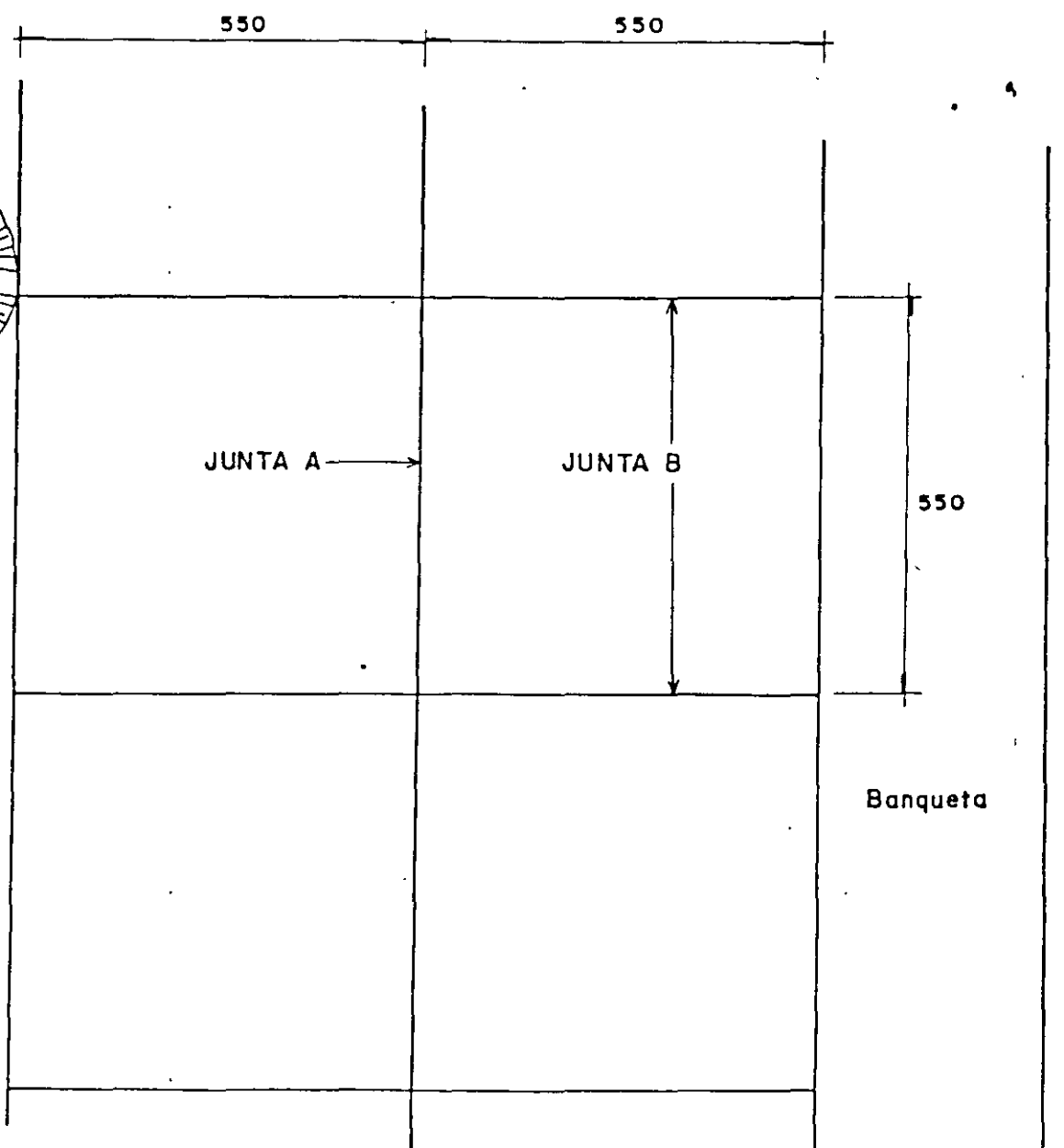
---



# CORTE



Camellón



# ALTERNATIVAS DE REFUERZO

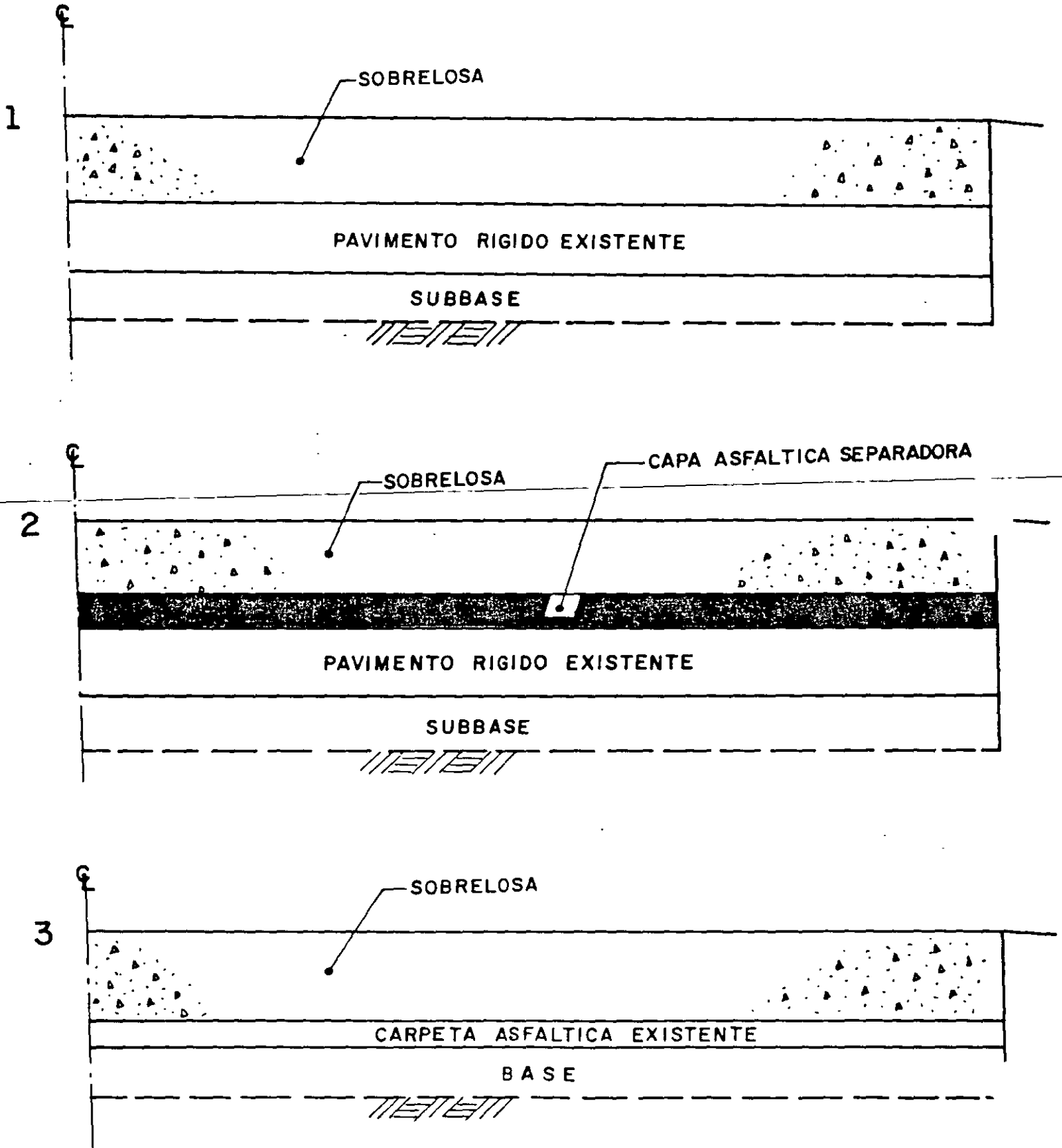
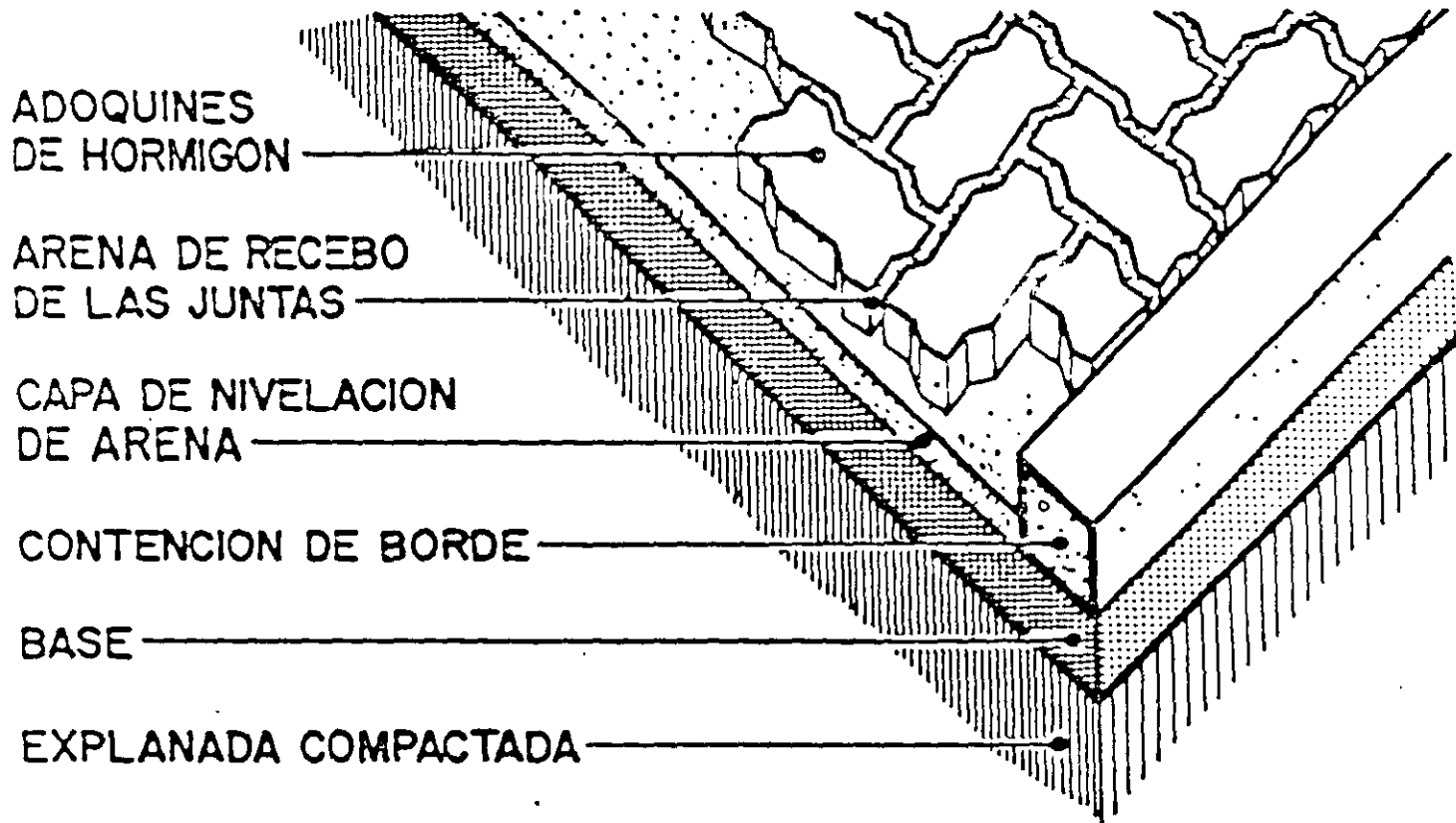

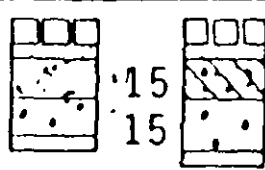
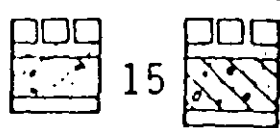
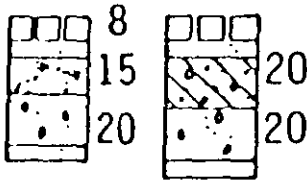
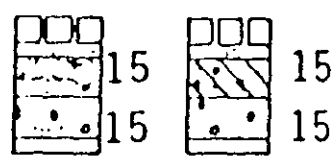
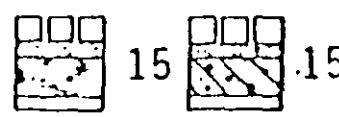
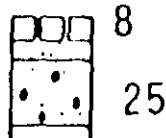


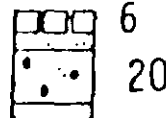
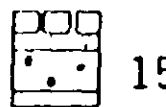
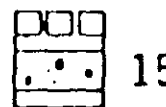
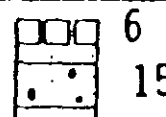










Figura 1

## ELEMENTOS DE UN PAVIMENTO DE ADOQUINES DE HORMIGON



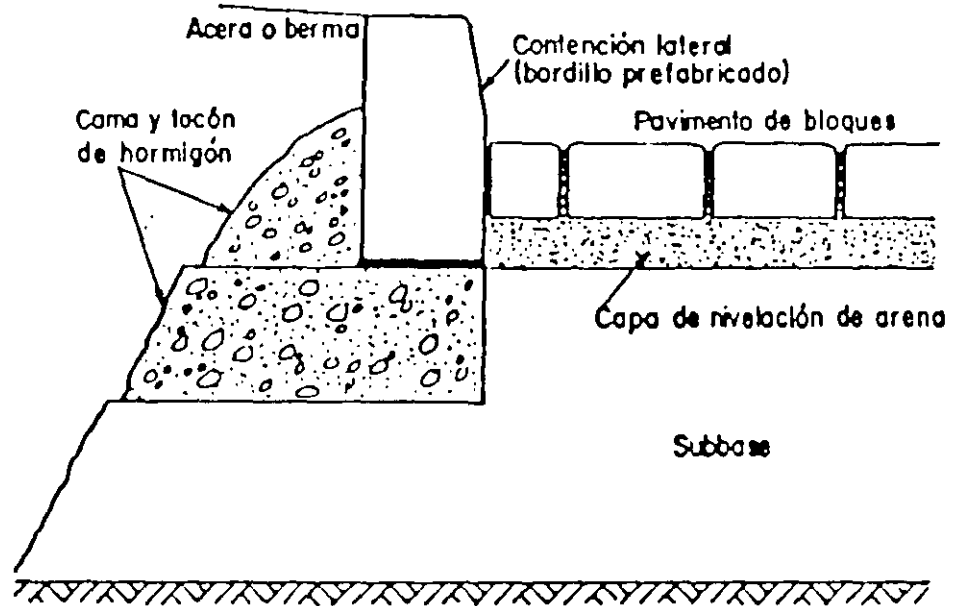
CATALOGO DE SECCIONES  
(MANUAL IECA)

T \ E	S0	S1	S2
C0	 10 15 25	 15 15 15 20	 15 15 20
C1	 8 15 20 20	 15 15 15 15	 15 15 15
C2	 8 25	 20	 15
C3	 6 20	 15	 15
C4	 6 15	 15	 15

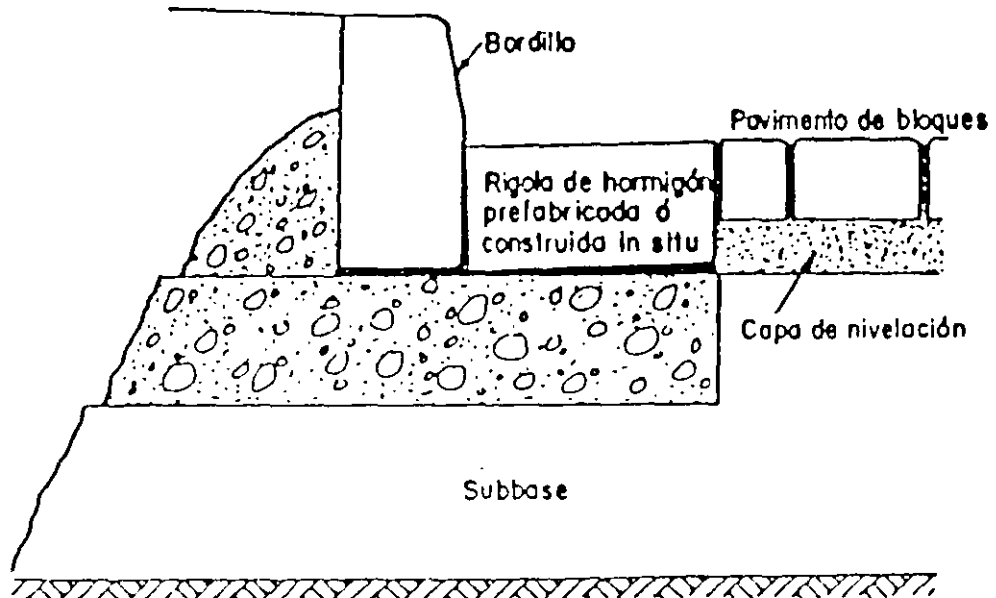
-  ADOQUINES  
 CAPA DE ARENA (5cm)  
 CONCRETO POBRE  
 BASE DE GRAVA TRITURADA  
 SUBBASE GRANULAR  
 SUBRASANTE

NOTA: En zonas peatonales con imposibilidad física al paso de vehículos, podrá admitirse una sección formada por adoquines y capa de arena sobre la subrasante compactada.

Figura 2



(a) Pavimento limitado por bordillo


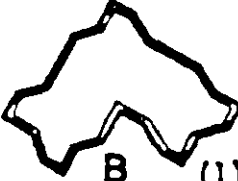




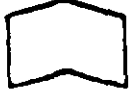




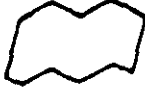






(b) Pavimento limitado por bordillo y rigola

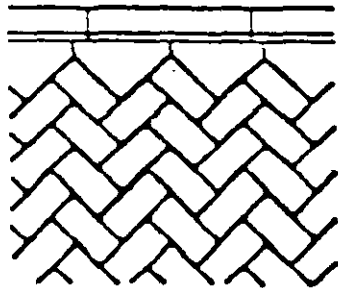
Figura 3

PRINCIPALES FORMAS DE ADOQUINES

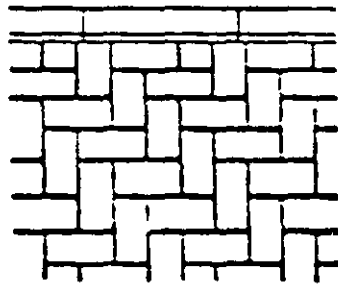
( MAS DE 200 SISTEMAS )

<p>CATEGORIA I</p>	 A (1)	 B (1)	 C (1)	 D (1)	 E (1)	 F (1)
<p>CATEGORIA II</p>	 G (2)	 H (2)	 I (2)	 J (2)	 K (2)	 L (2)
<p>CATEGORIA III</p>	 S (2)	 T (2)	 U (1)	 V (2)		
<p>NOTAS</p>	<p>(1) PUEDEN DISPONERSE EN APAREJO DE ESPINA DE PEZ (ENTRE OTROS)            (2) SOLO PUEDEN DISPONERSE EN LINEAS CONTINUAS (PASILLO)</p>					

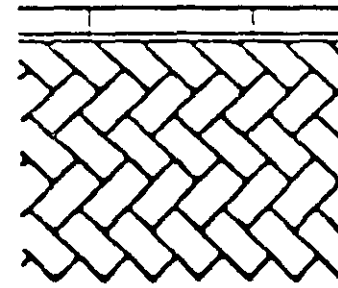
FORMAS DE APAREJOS



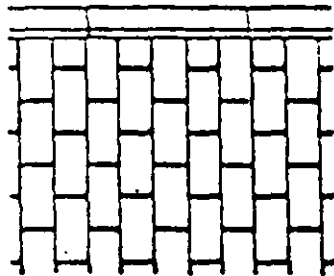
A) CON "MITRAS"



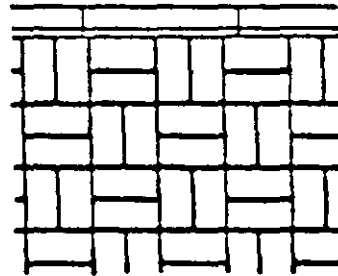
B) PERPENDICULAR  
AL BORDILLO  
EN ESPINA DE PEZ



C) CON BLOQUES  
CORTADOS



PASILLO



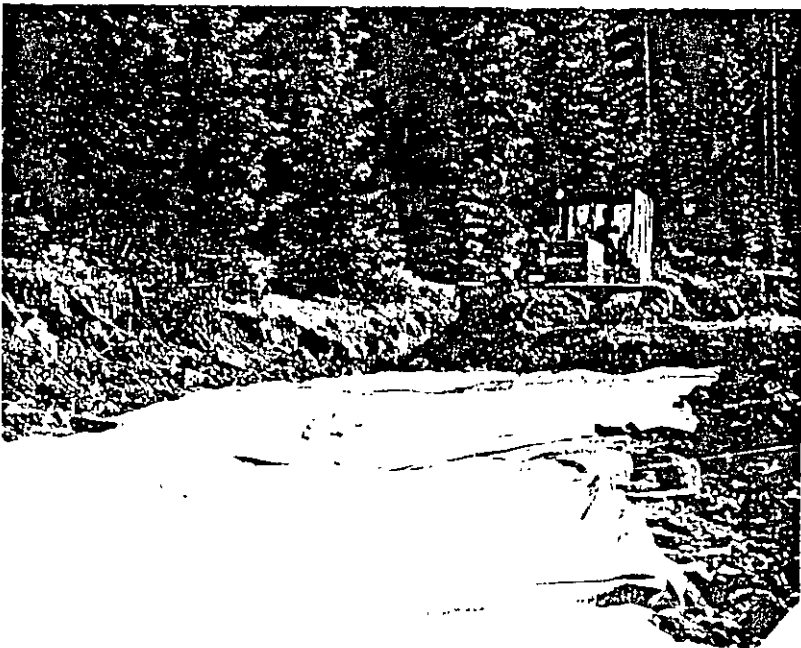
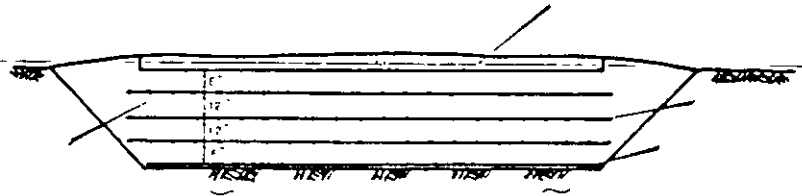
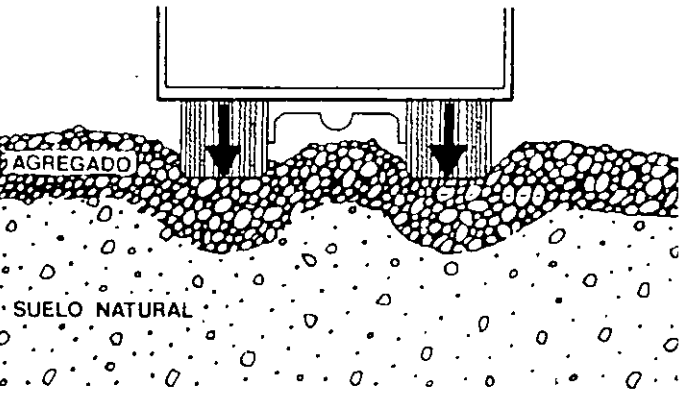
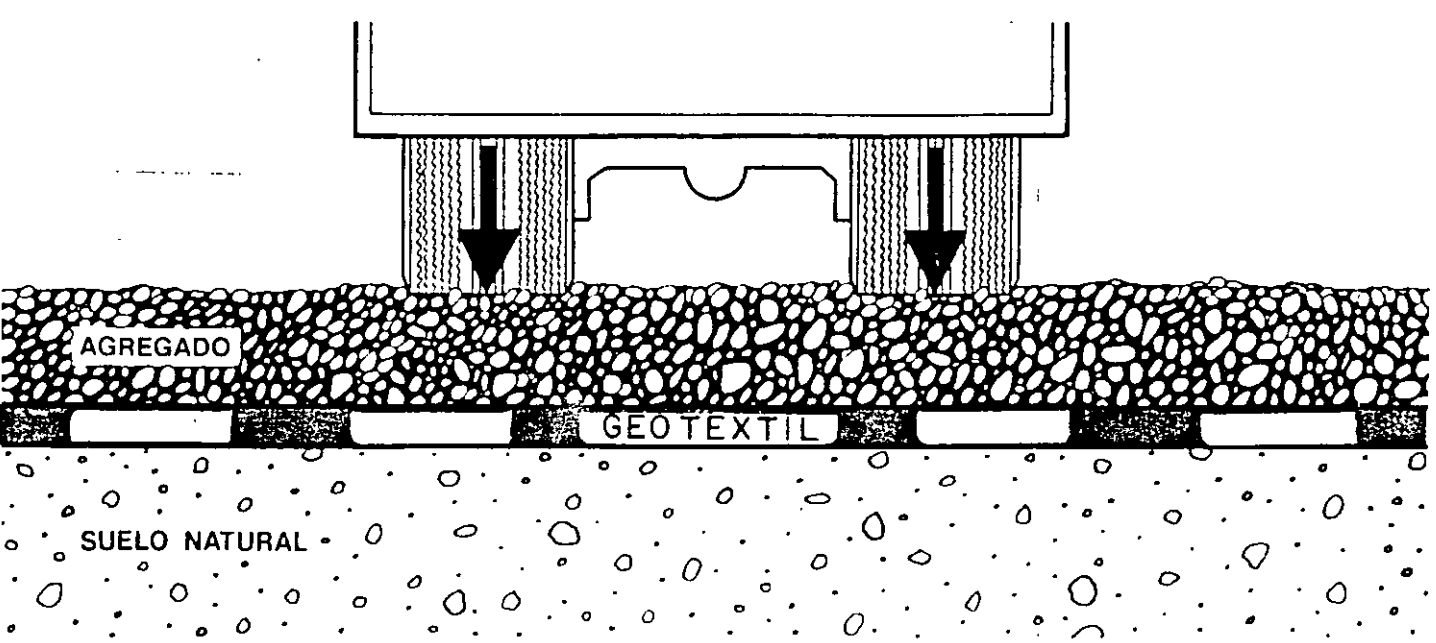
PARQUET



DIRECCION

DEL TRAFICO





## OBJETIVOS DE LOS GEOTEXTILES

- A) RESTRINGIR O EVITAR LA ENTRADA DEL AGUA -  
AL PAVIMENTO Y A LA CAPA SUBRASANTE
- B) EVITAR EL BOMBEO
- C) RETARDAR EL AGRIETAMIENTO POR FATIGA DE -  
LAS CAPAS ASFALTICAS
- D) RETARDAR Y REDUCIR EL AGRIETAMIENTO PRODU  
CIDO POR REFLEXION DE GRIETAS Y JUNTAS DE  
CONSTRUCCION
- E) REDUCIR EN ALGUNOS CASOS, EL ESPESOR DE -  
LA SOBRECARPETA
- F) REDUCIR LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y DE  
OPERACION DEL PAVIMENTO

## OBJETIVOS DE GEORREDES

- A) INCREMENTAR LAS RIGIDEZ INICIAL DEL PAVIMENTO
- B) REDUCIR LA MAGNITUD DE LAS DEFORMACIONES A LARGO PLAZO
- C) INCREMENTAR LA RESISTENCIA A LA TENSION
- D) RETARDAR Y REDUCIR EL AGRIETAMIENTO
- ~~E) MEJORAR EL COMPORTAMIENTO BAJO EFECTOS DE FATIGAS~~
- F) MANTENER LA ESTRUCTURA INTERNA FORMADA -- POR LOS AGREGADOS GRANULARES
- G) REDUCIR LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y DE OPERACION DEL PAVIMENTO

## PAVIMENTOS FLEXIBLES

- A) EMPLEO DE ASFALTOS AHULADOS
- B) RECICLADO DE LA CARPETA EXISTENTE Y COLOCACION DE UNA CARPETA NUEVA
- C) CONSTRUCCION DE SOBRECARPETAS DE ESPESORES IMPORTANTES
- D) CONSTRUCCION DE CARPETAS ASFALTICAS CON DISEÑOS ADECUADOS PARA RESISTIR FENOMENOS DE FATIGA
- E) COLOCACION DE CAPAS ASFALTICAS DE TEXTURA ABIERTA, ENTRE EL PAVIMENTO DAÑADO Y UNA SOBRECARPETA ASFALTICA
- F) COLOCACION DE GEOTEXILES SOBRE LA SUPERFICIE DAÑADA
- G) INSTALACION DE GEORREDES EN LAS CAPAS DE BASE Y SUBBASE

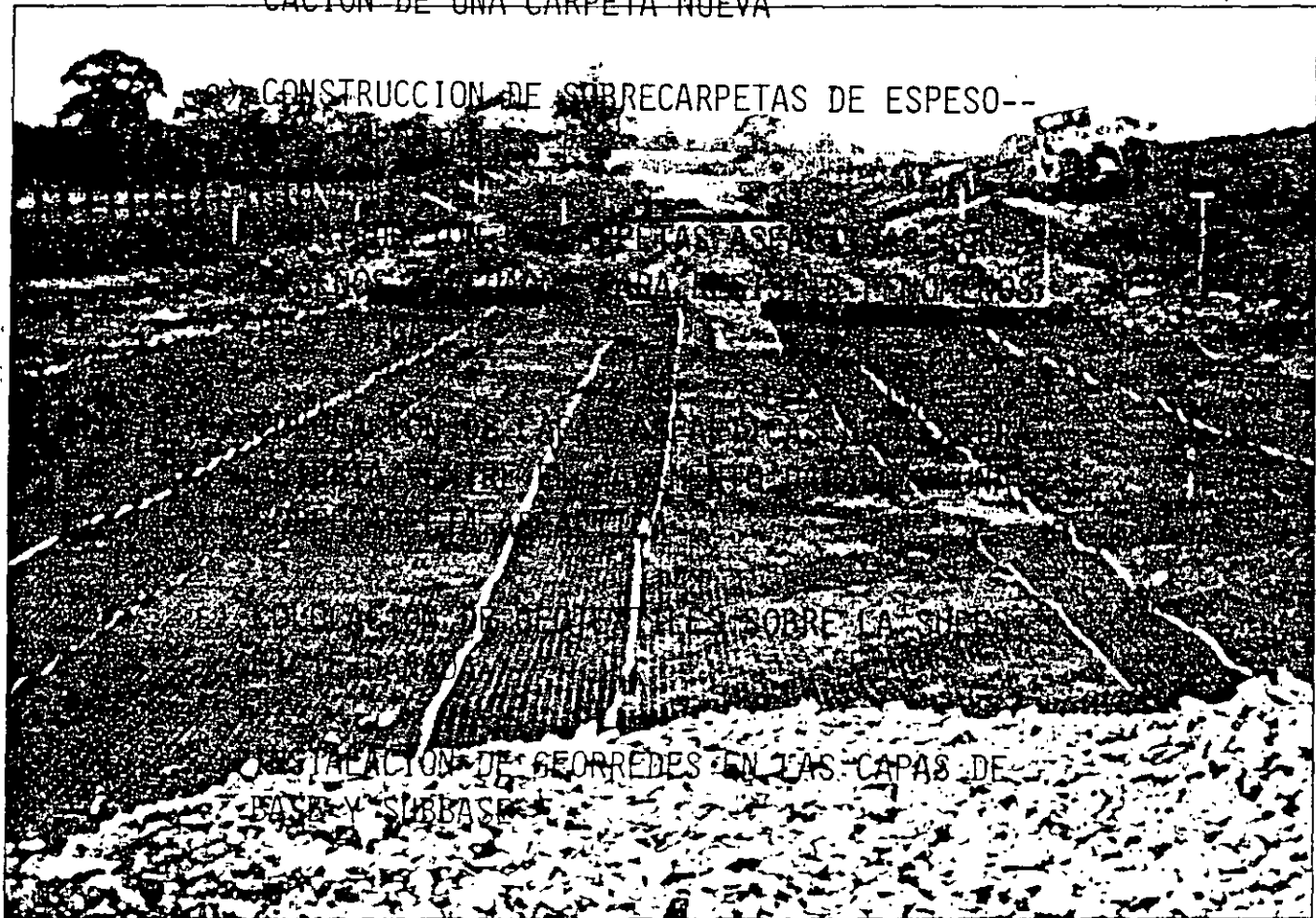
VENTAJAS DEL USO DE GEOSINTETICOS EN PAVIMENTOS:

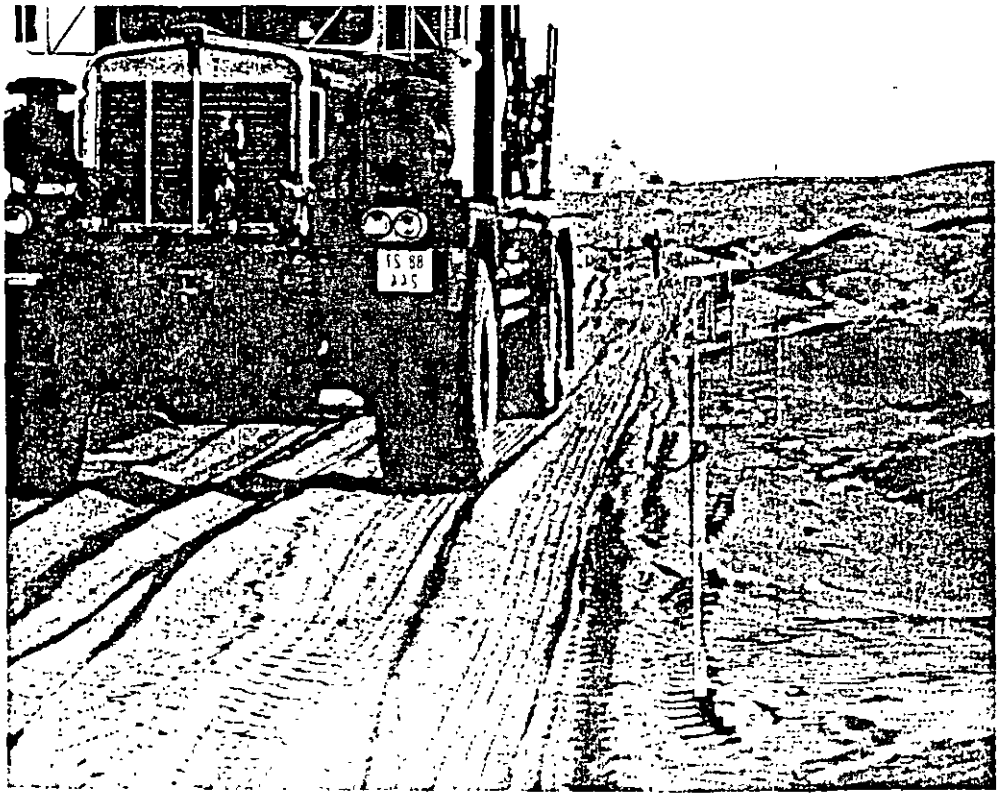
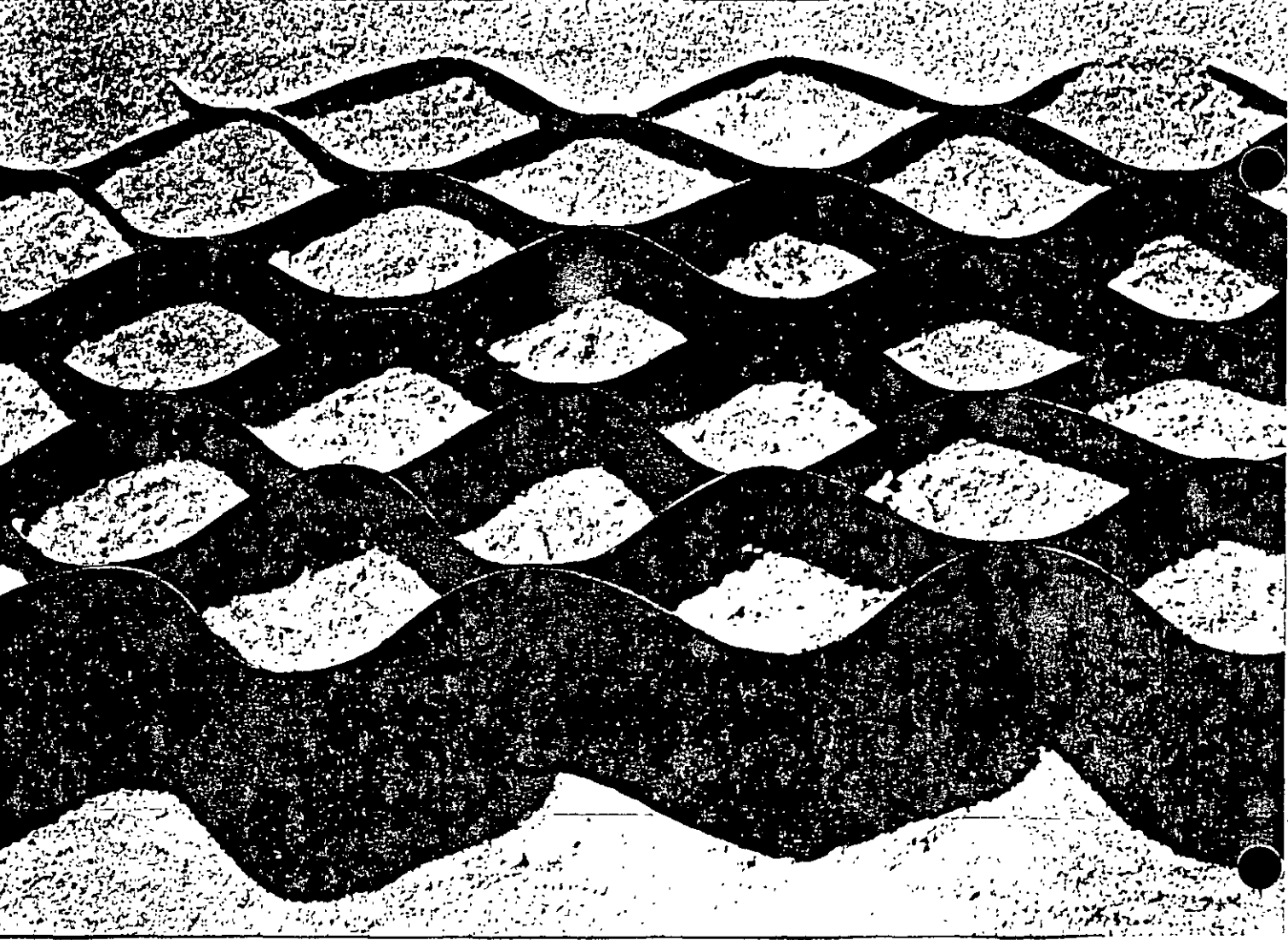
- A) RAPIDEZ Y FACILIDAD DE INSTALACION
- B) AHORRO DE MATERIALES DE PAVIMENTACION Y PROLONGACION DE LA VIDA UTIL DE LOS PAVIMENTOS
- C) POSIBILIDAD DE RESOLVER PROBLEMAS COMPLICADOS, CON MATERIALES CONVENCIONALES
- D) AMPLIO CAMPO DE APLICACIONES, POSIBILIDAD ~~DE UTILIZAR GEOCOMPUESTOS CON NUEVOS MATERIALES, FORMAS Y COMBINACIONES~~
- E) POSIBILIDAD DE USARSE COMO REFUERZO EN PAVIMENTOS RIGIDOS

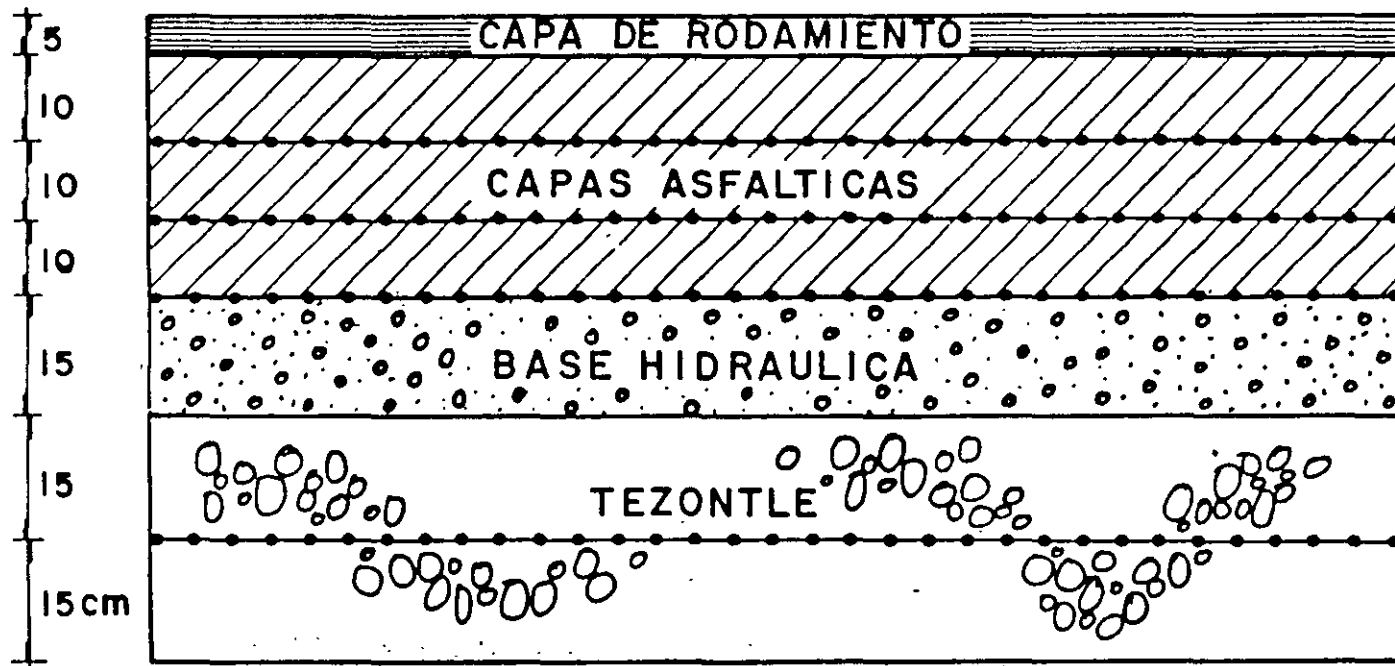
## PAVIMENTOS FLEXIBLES

A) EMPLEO DE ASFALTOS AHULADOS

B) RECICLADO DE LA CARPETA EXISTENTE Y COLOCACION DE UNA CARPETA NUEVA

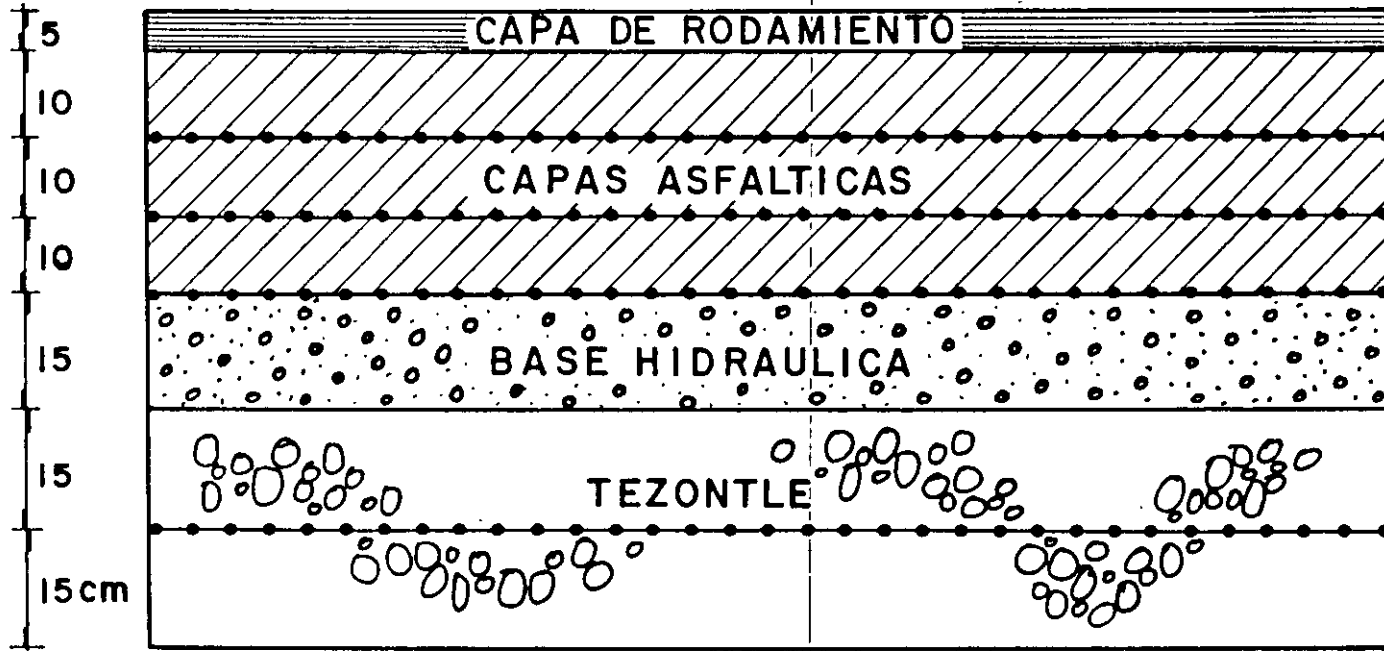




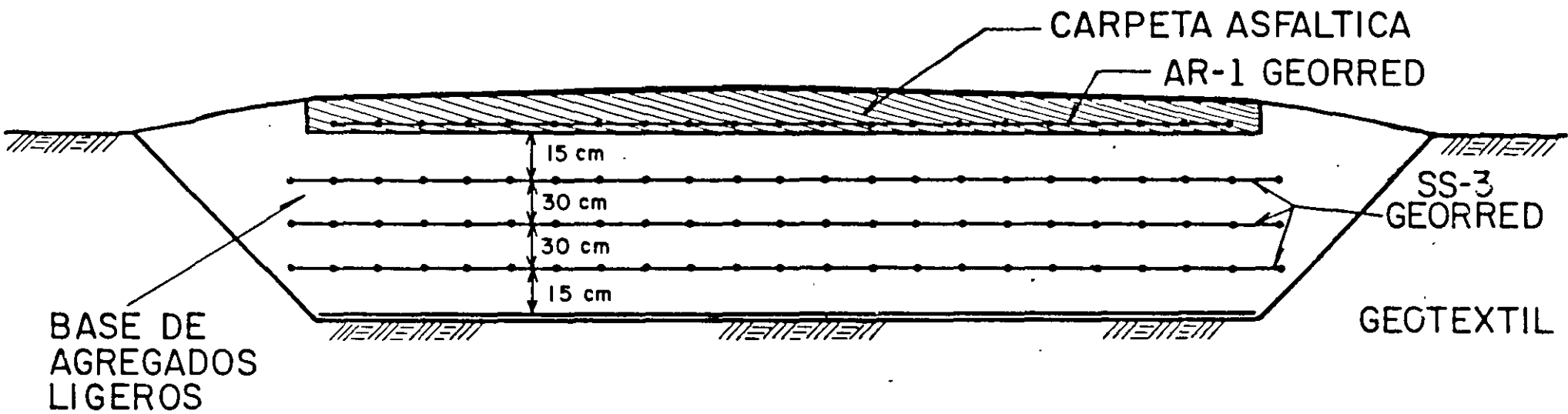


**FIG 5.- REFUERZO DE UNA SECCION COMPENSADA PARA REHABILITACION DE LA PISTA 05D - 23I DEL AICM**



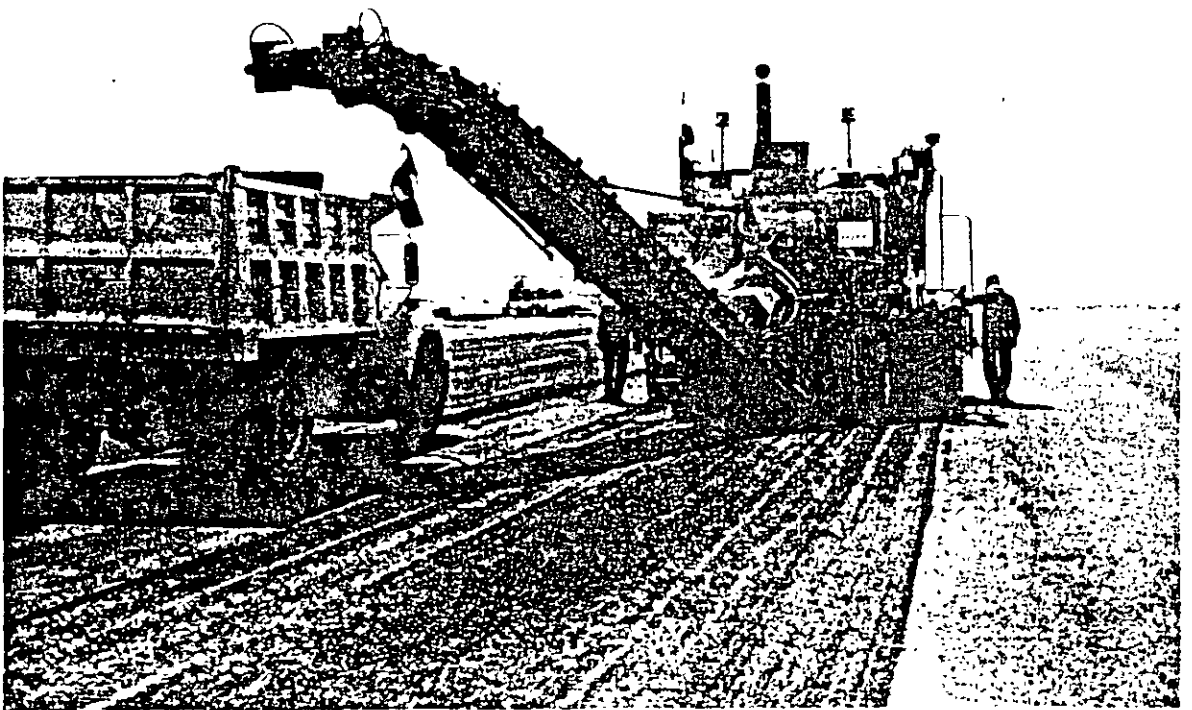
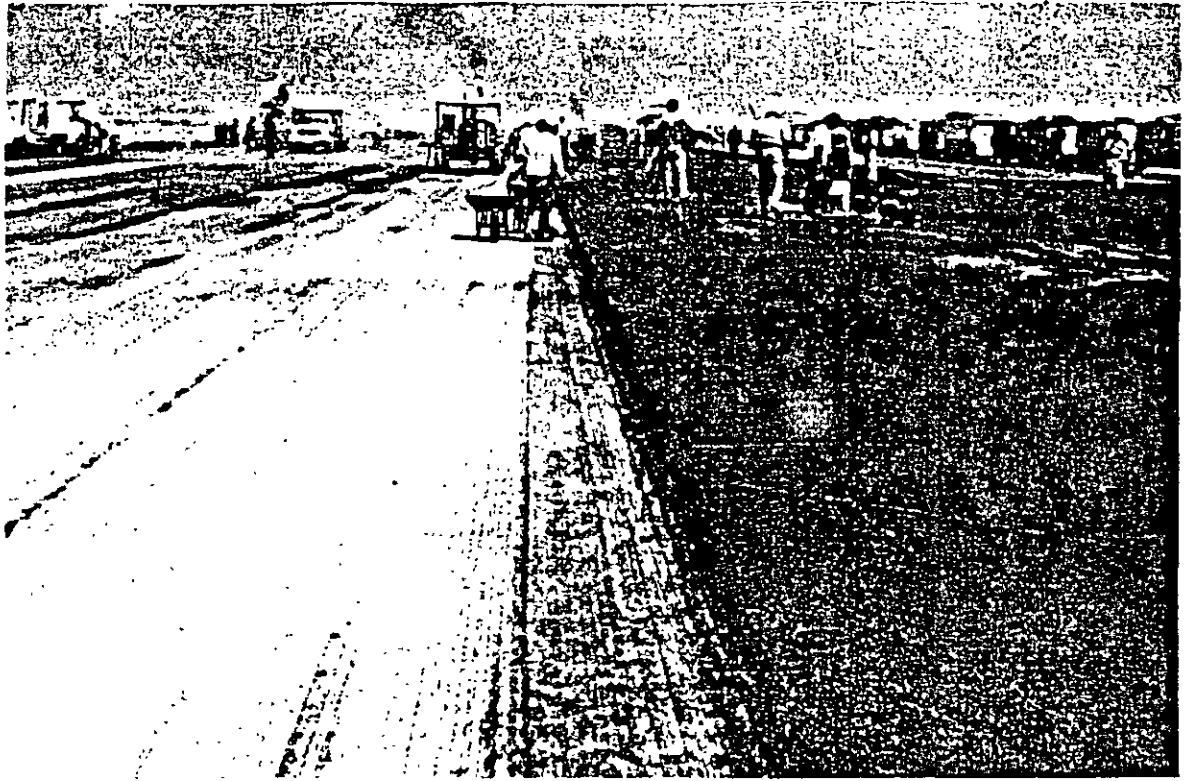


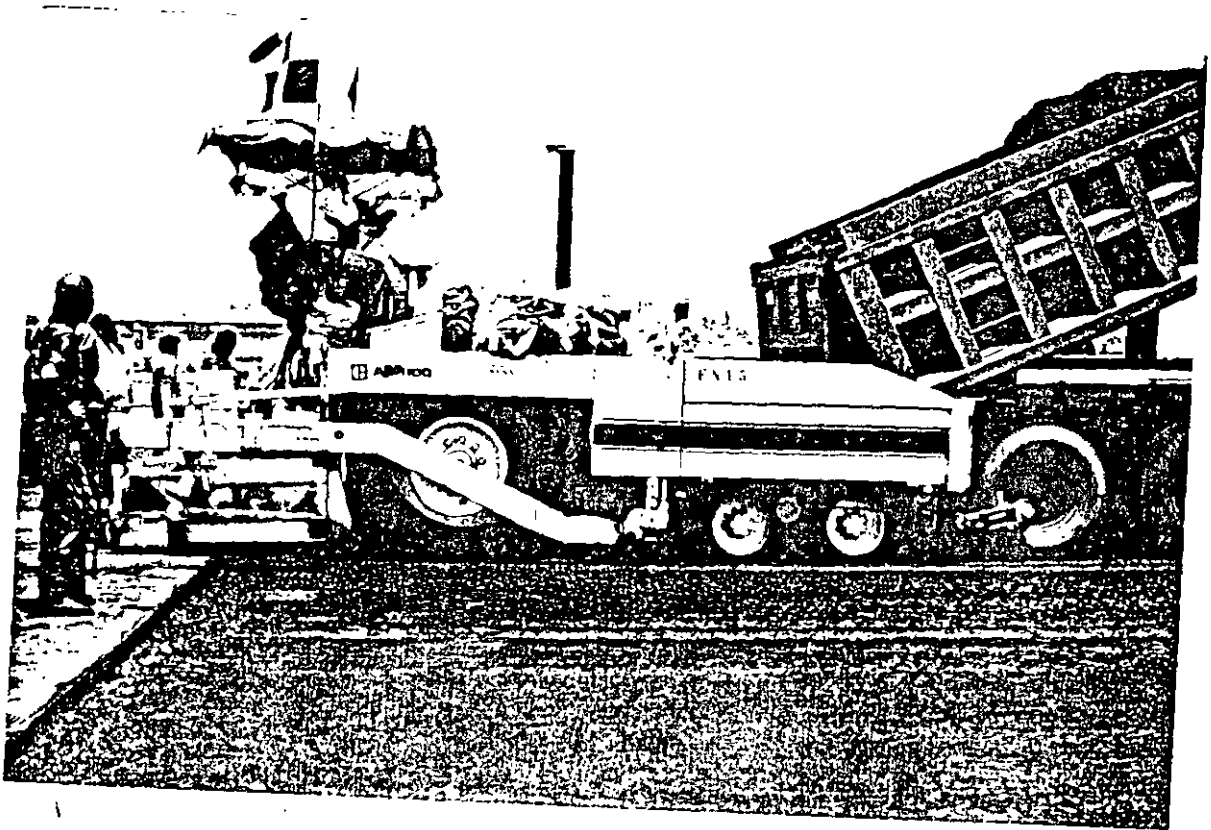
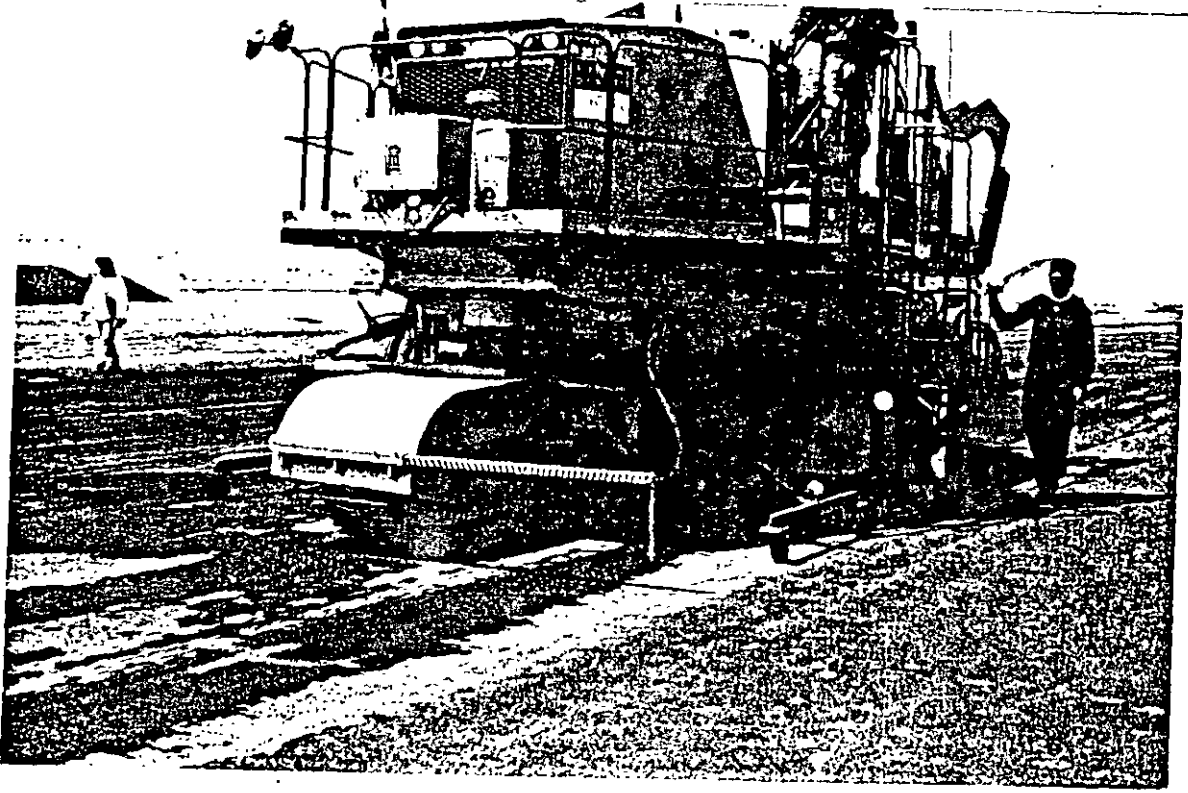
**FIG 5.- REFUERZO DE UNA SECCION COMPENSADA  
PARA REHABILITACION DE LA PISTA 05D -  
23I DEL AICM**



## SUBRASANTE DE ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD

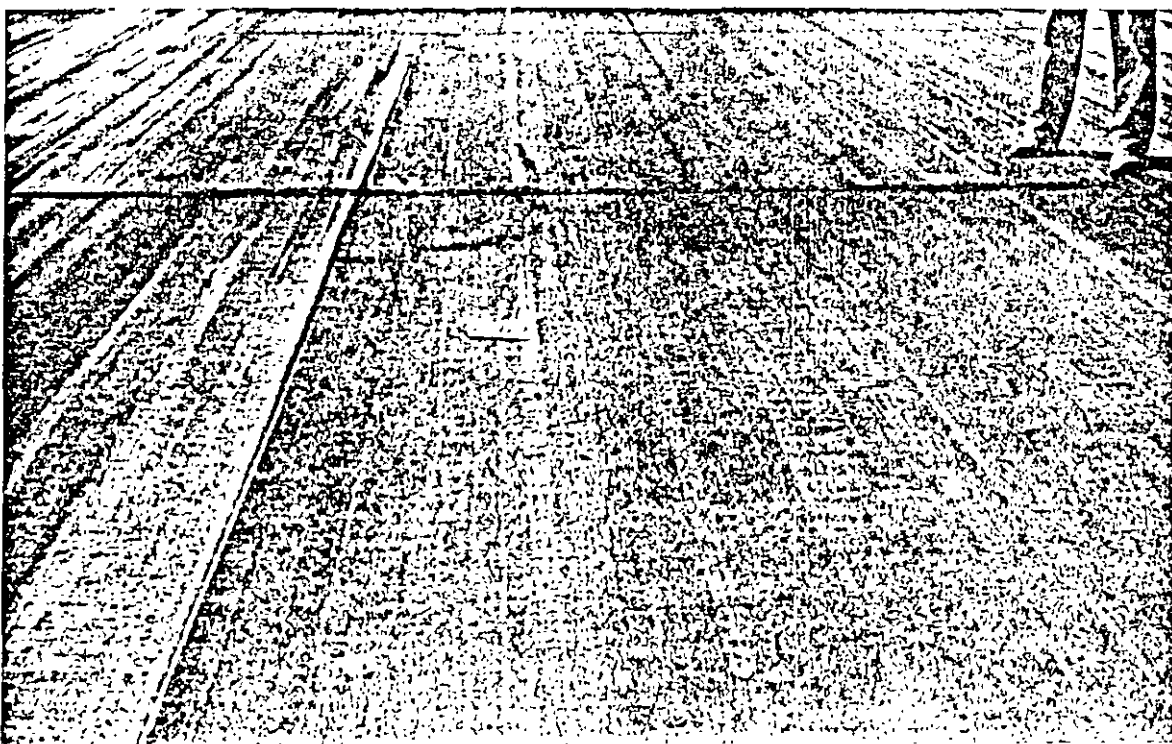
FIG II.-PAVIMENTO REFORZADO CON GEORREDES



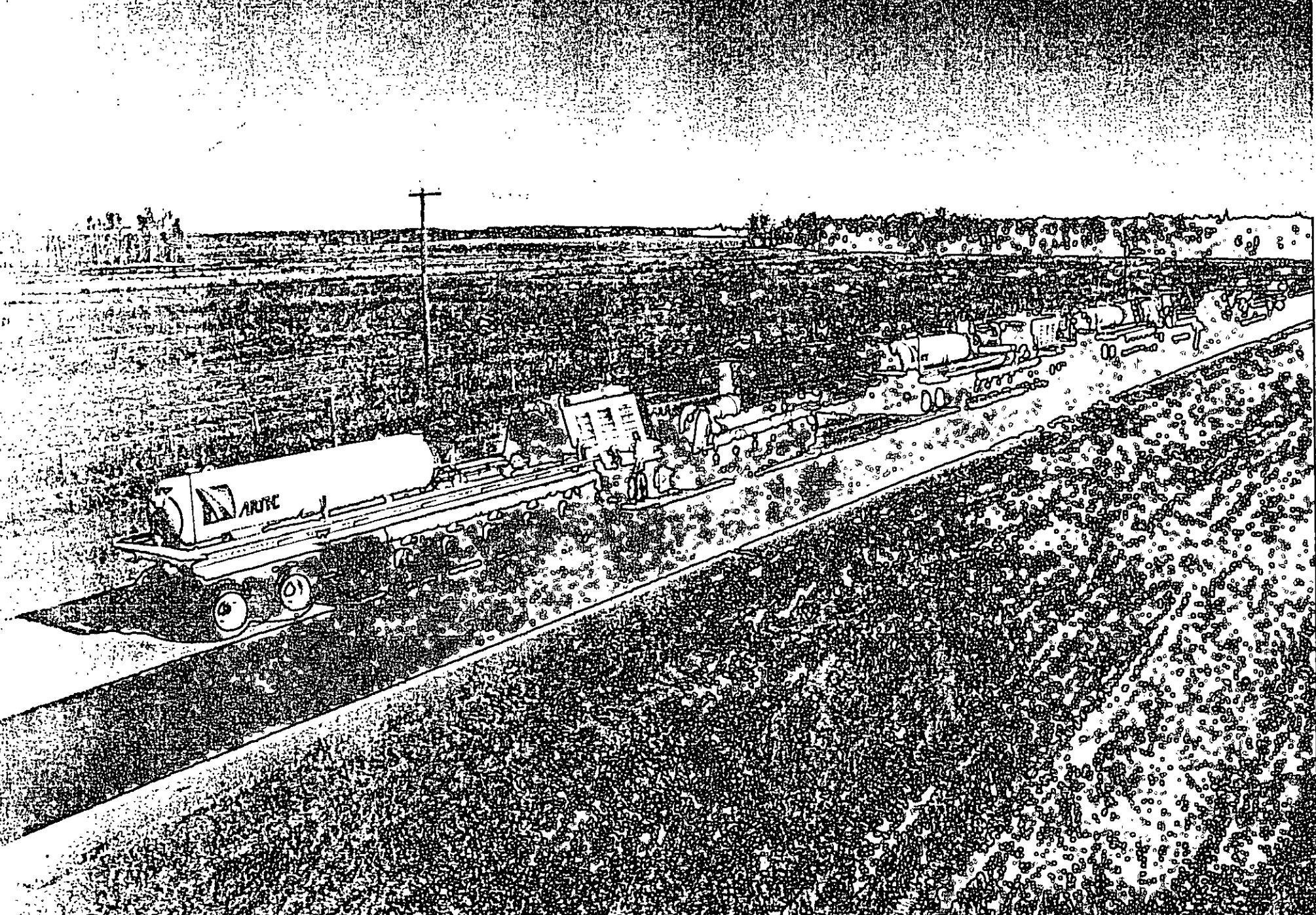




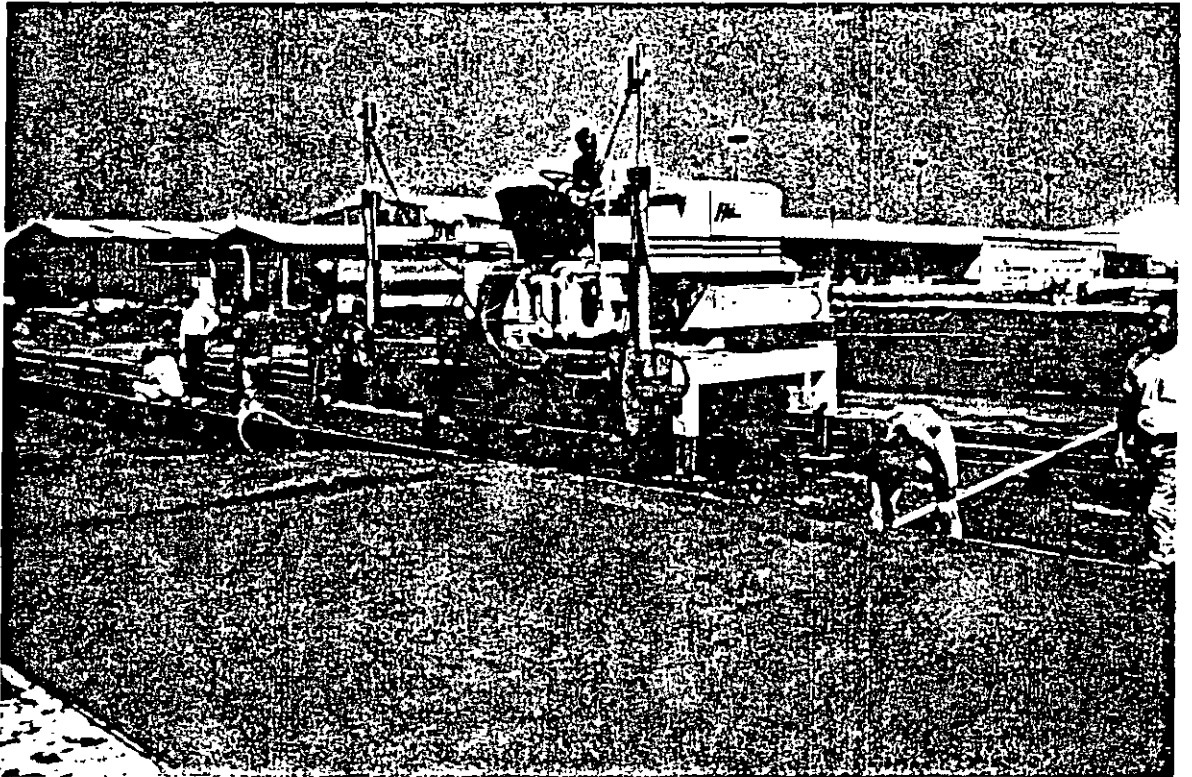
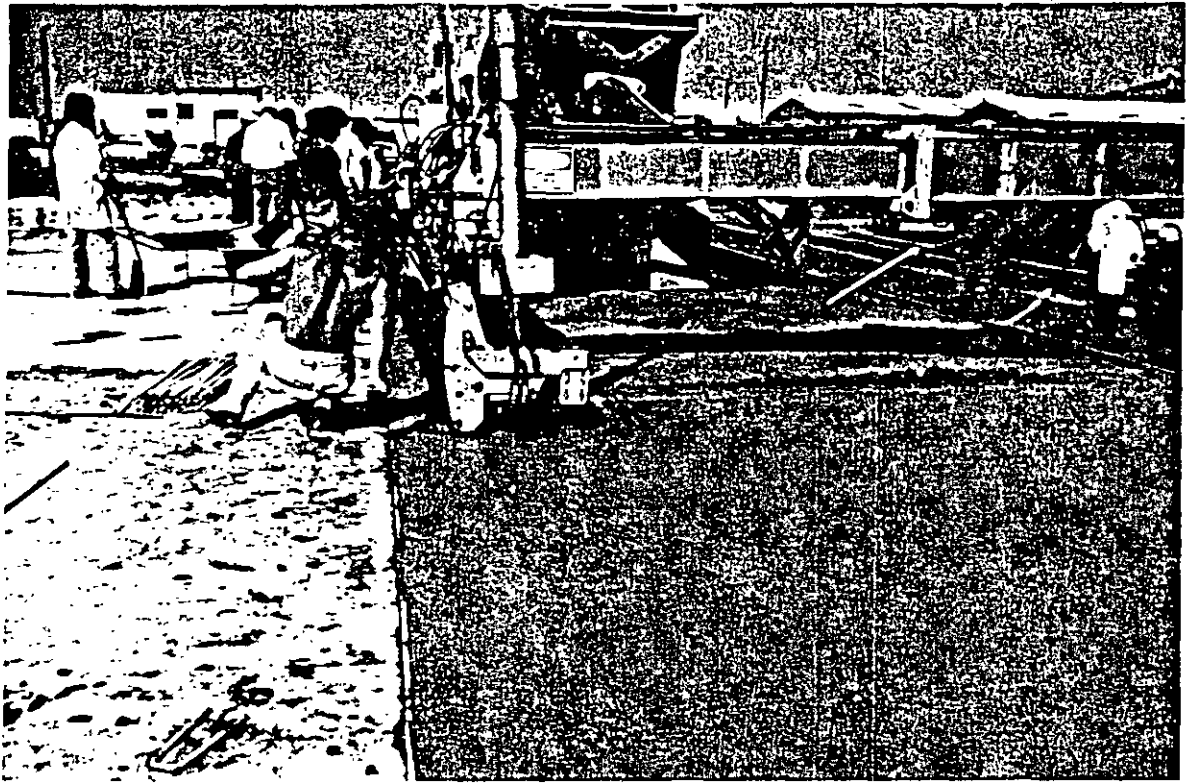
21. 2+795 DETALLE DE FRESADO SUPERFICIAL EN UNA BANDA LONGITUDINAL EN DONDE SE APRECIA (LAPICERO) QUE EL ESPESOR DEL REBAJE VARIA ENTRE 6 Y 8 MM

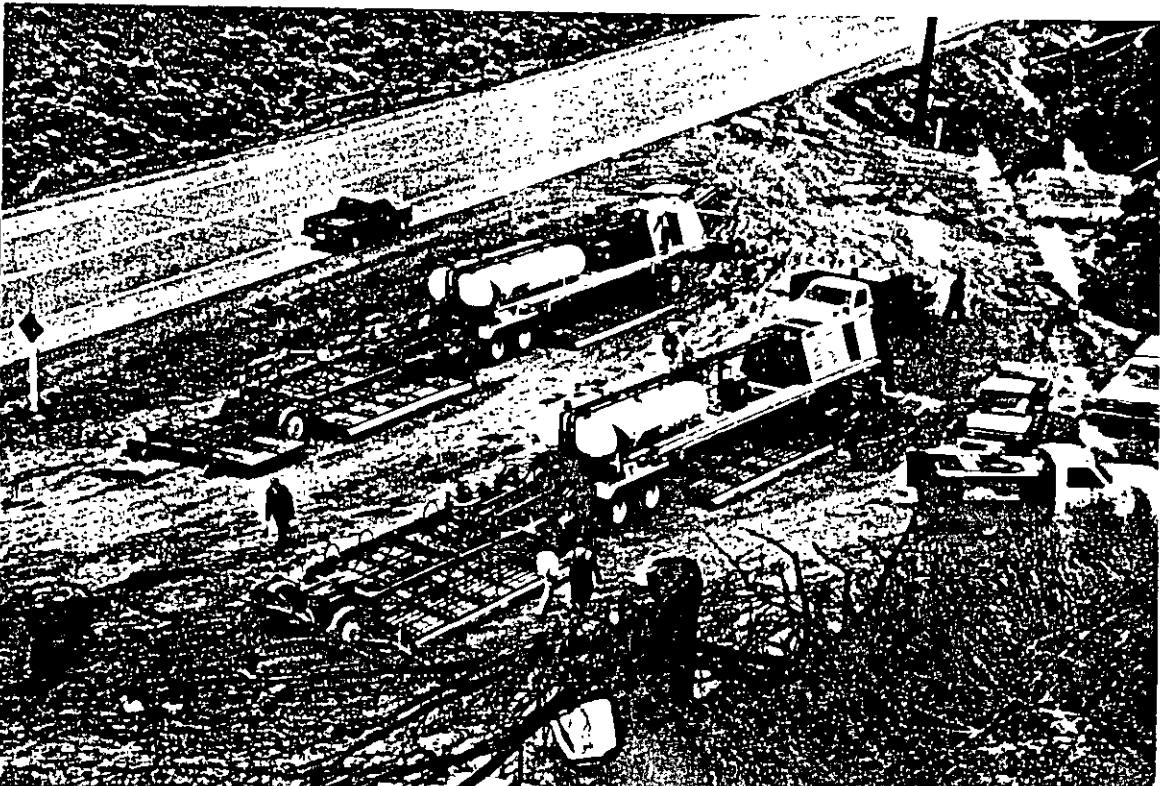
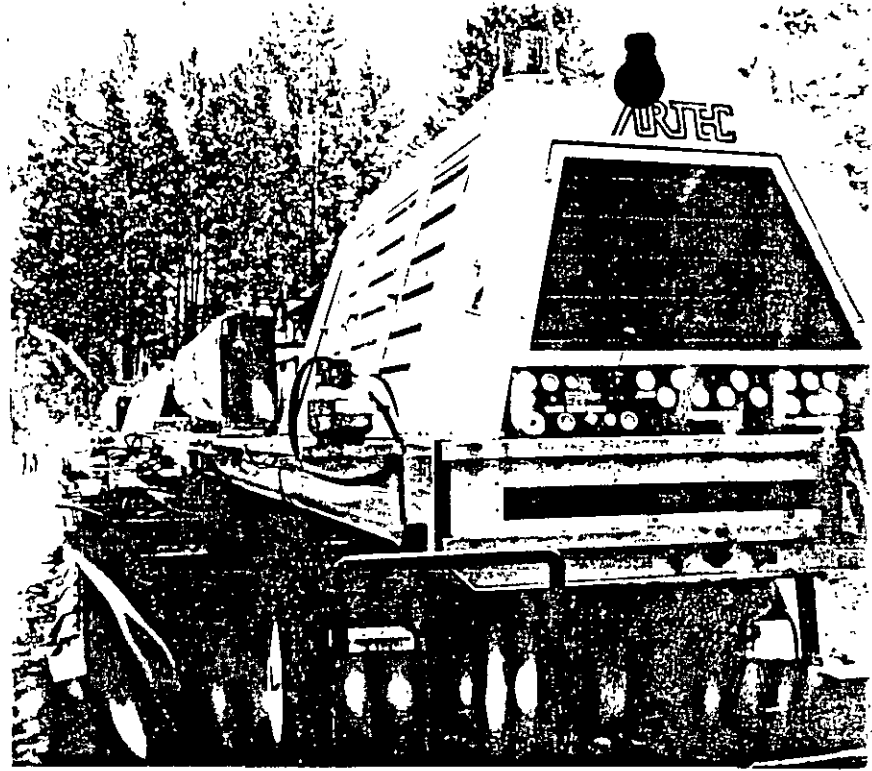
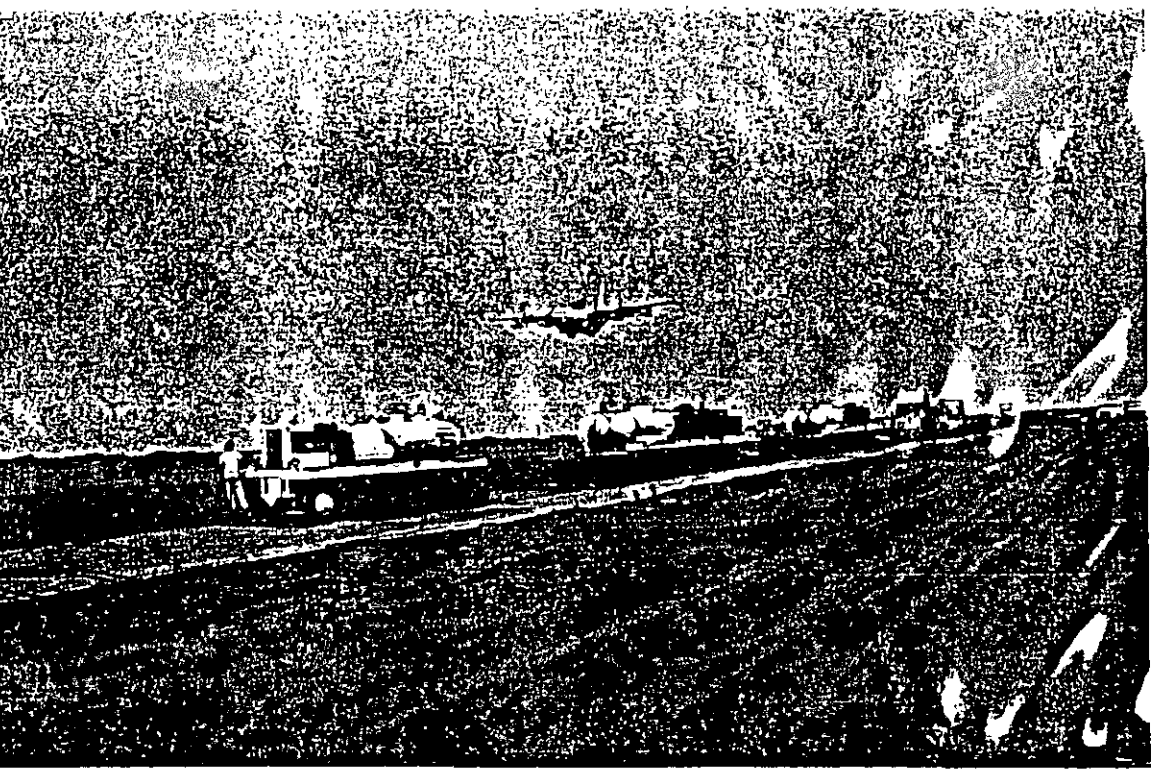


22. 2+870 ASPECTO DE GRIETA LONGITUDINAL SIMILAR A LA MOSTRADA EN LA FOTOGRAFÍA 20.





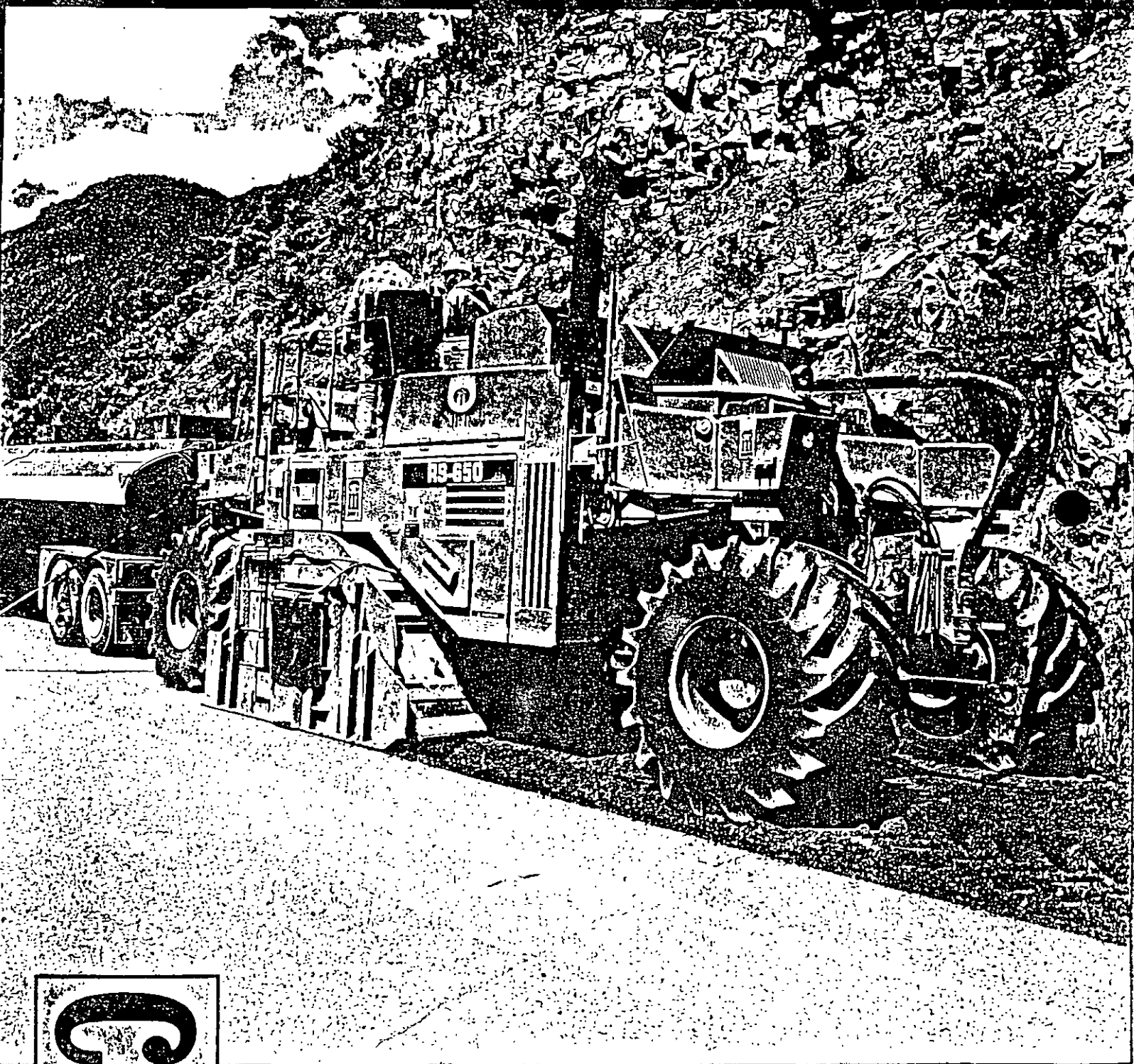






# RS-500B & RS-650

Reclaimers / Stabilizers



# ROTO-MIXER