

0948

Universidad Nacional Autónoma de México

División de Estudios Superiores

FACULTAD DE INGENIERIA

Trabajo de especialidad en construcción

Presentado:

Ing. Fernando Rafael López Ayestas

México 1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.



DEPI

T. UNAM  
1981  
LOP

"PROYECTO Y CONSTRUCCION DE UN PAVIMENTO  
DEL CAMINO TORREON-CHIHUAHUA, A SU PASO  
POR LA CIUDAD DE CAMARGO, CHIH."

PRESENTADO:

ING. FERNANDO RAFAEL LOPEZ AYESTAS.

U.N.A.M. 1981

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo, a mis familiares, esposa, compañeros, y al personal académico de la Universidad Nacional Autónoma de México. U.N.A.M.

## INDICE.

### 1.- DESCRIPCION DEL PROYECTO Y CARACTERISTICAS REGIONALES.

- 1.1 Ubicación Geográfica
- 1.2 Población
- 1.3 Climatología
- 1.4 Topografía

### 2.- DATOS BASICOS PARA EL PROYECTO.

- 2.1 Valores de Tránsito de diseño
- 2.2 Tipo de suelo de la Subrasante
- 2.3 Valor Relativo de Soporte ( VRS )
- 2.4 Módulo de reacción de la Subrasante
- 2.5 Vida útil del proyecto

### 3.- INVESTIGACIÓN DE BANCOS DE PRESTAMOS.

- 3.1 Ubicación
- 3.2 Tipo de suelo
- 3.3 Procedimiento de extracción
- 3.4 Selección de bancos de prestamo

### 4.- DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO.

- 4.1 Pavimento flexible
- 4.2 Diseño de la carpeta de concreto asfáltico en planta para mezclas en caliente.
- 4.3 Diseño de pavimento rígido
- 4.4 Diseño de Juntas

5.- PROCEDIMIENTO DE EXPLOTACION DE UN BANCO.

5.1 Cálculo de la carga explosiva

5.2 Diseño de la plantilla de barrenación

6.- ANALISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVAS.

6.1 Pavimento Flexible

6.2 Pavimento Rígido

7.- SELECCION DE EQUIPO Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

7.1 Selección de equipo de barrenación

7.2 Selección de equipo de trituración

7.3 Selección de equipo de compactación

7.4 Selección de equipo de acarreo

7.5 Procedimientos constructivos

8.- PROGRAMA DE EJECUCION DE OBRA.

## 1. DESCRIPCION DEL PROYECTO Y CARACTERISTICAS REGIONALES

### 1.1 Ubicación geográfica

La Ciudad de Camargo, Chihuahua; se encuentra localizada en los 27 42 y 105 10 a una altitud de 1227 metros, al norte de la República de México.

### 1.2 Población

Según el censo poblacional del año 1980 levantado por la Secretaria de Industria y Comercio Dirección General de Estadística, el estado de Chihuahua cuenta con una población de 1,936824 habitantes. Los censos poblacionales levantados por la Secretaria en los años 1960 y 1970 de la Ciudad de Camargo son respectivamente de 29185 y 36222 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 2.41% por lo que se espera para 1980 una población de 45961 habitantes.

### 1.3 Climatología

La Ciudad de Camargo registra cambios fuertes de temperatura, que van desde 39 C la máxima hasta 1 C la mínima.

La precipitación pluvial es aproximadamente de 295 mm al año, según la clasificación de De Martone, corresponde al desertico tipo sahariano, con temperaturas extremosas y lluvias escasas.

#### 1.4 Topografía

La topografía existente en la ciudad es plana con pocos cambios de pendiente.

NOMENCLATURA.

lu-ar ... Lutitas areniscas

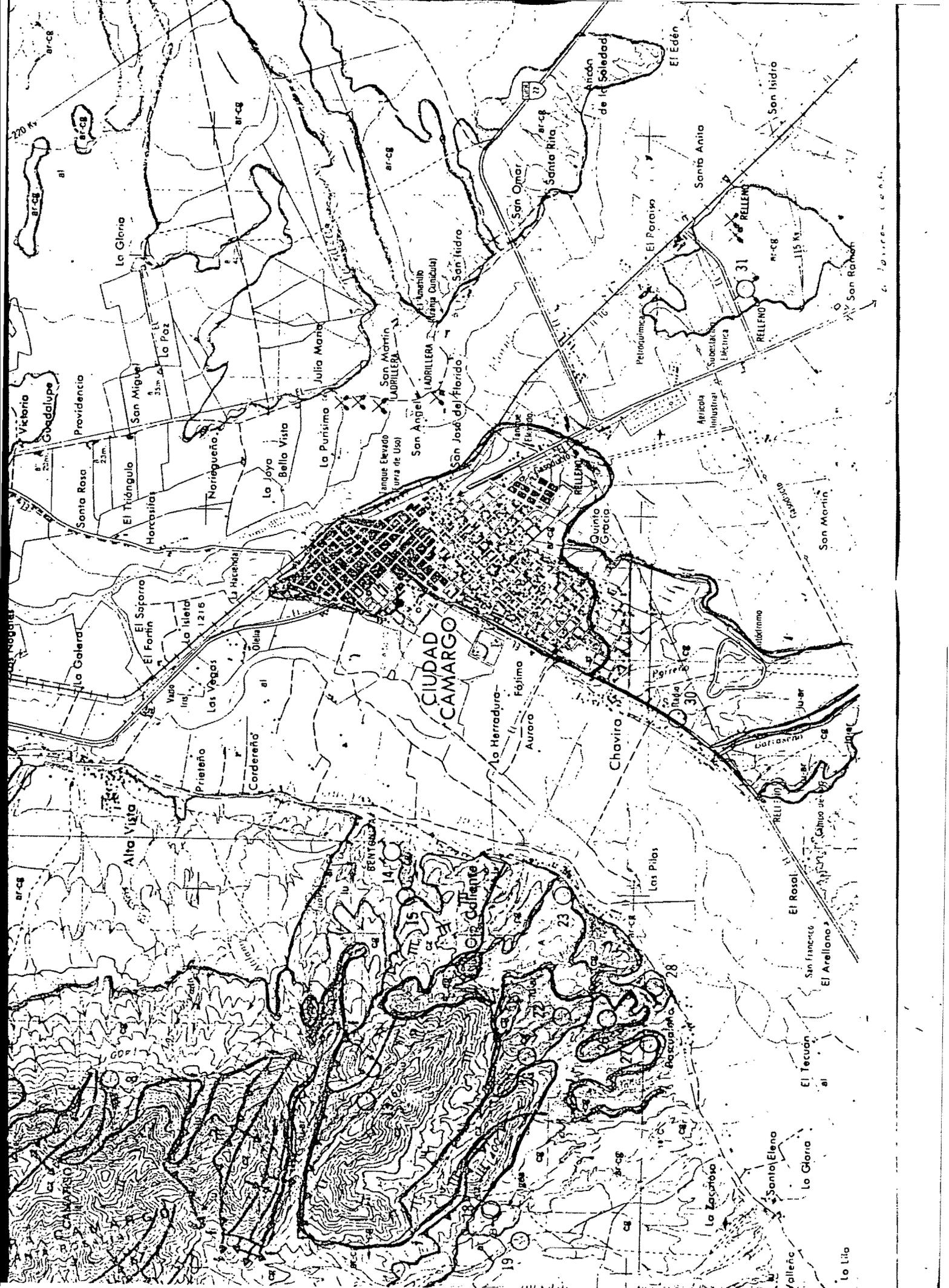
cg ..... Conglomerados

cz ..... Caliza

al ..... Aluvión

A ..... Andesita

\_\_\_\_\_ ..... Pavimento



CIUDAD CAMARGO

Alta Vista

La Herradura

Chavito

Ciudad Camargo

Las Pilas

El Rosal

San Francisco

El Arellano

El Tecuán

Santa Elena

La Gloria

Lo Lilo

CIUDAD CAMARGO

Alta Vista

La Herradura

Chavito

Ciudad Camargo

Las Pilas

El Rosal

San Francisco

El Arellano

El Tecuán

Santa Elena

La Gloria

Lo Lilo

## 2. DATOS BASICOS PARA EL PROYECTO

### 2.1 Valores de tránsito de diseño

La oficina de planeación urbana de la secretaria de obras públicas, en su informe de estudio de tránsito de la Ciudad de Camargo, Chihuahua; se registro un tránsito diario promedio anual ( TDPA )<sub>2</sub> de 5000 vehículos. La vida del proyecto se considera por diversos factores de 15 años, la tasa de crecimiento anual de 6% y la composición del tránsito la siguiente: A, 25 % B, 10 % C, 65 %; considerando la composición del tránsito, nos resulta un tránsito pesado ( P ).

### 2.2 Tipo de suelo de la sub-rasante

La investigación de la sub-rasante mediante pozos abiertos a una distancia de 100 metros cada uno, se tomaron varias muestras alteradas, las cuales se analizaron en el laboratorio y mediante el sistema unificado de clasificación de suelo ( SUCS ) se trata de un suelo grueso; areno limoso, ( SM ).

### 2.3 Valor relativo de soporte ( VRS )

Mediante la investigación de pozos a cielo abierto, se tomaron varias muestras de suelo alterado, las cuales fueron llevadas al laboratorio; el valor relativo de soporte ( VRS ) se obtiene de una prueba de penetración, en la que un vástago de 19.4 cm<sup>2</sup>

de área se hace penetrar en un espécimen de suelo a razón de 0.127 cm/min, se mide la carga aplicada para penetraciones que varíen en 0.25 cm.

El valor relativo de soporte se define como la relación expresado como porcentaje, entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm y la presión requerida para tener la misma penetración en un material arbitrario, adoptado como patron.

En nuestro caso particular el valor relativo de soporte saturado, fue de 10 % y el contenido de humedad de compactación que se recomienda trabajar, sera de 18 % - 24 % para obtener un peso específico seco de  $1780 \text{ Kg/cm}^3$  a  $1800 \text{ Kg/cm}^3$ .

#### 2.4 Modulo de reacción de reacción de la sub-rasante

##### Prueba de placa.

El modulo de reacción de la sub-rasante consiste en cargar una placa circular, en contacto estrecho con el suelo por probar, midiendo las deformaciones finales correspondiente a los distintos incrementos de carga utilizados; para realizar nuestra prueba utilizamos una placa de 30.5 cm de diámetro a la que se se coloco unas placas de menor diámetro para

impedir la flexión, la carga se la aplicamos mediante gatos hidraulicos, con reacción en camiones cargados. Las deformaciones las medimos en 4 puntos de la placa dispuestos en cruz, por medio de extensómetros ligados a un puente, cuyo apoyo lo colocamos lo suficientemente lejos de la placa para que se considere fijo. La carga unitaria que consideremos que aplica la carga depende de su relación entre su perimetro y área. ( ver fig. 1a, 1b, 1c ).

La carga unitaria que la placa trasmite para una deflexión dada, corresponde a la siguiente ecuación

$$\sigma = n + m P/A$$

donde:

$\sigma$ : es la presión normal transmitida por la placa.

n,m: son coeficientes empíricos obtenidos experimentalmente.

P/A: es la relación entre el perimetro y el área de la placa.

Los valores n,m se determino haciendo por lo menos de 2 a 3 pruebas con placas diferentes, con la misma deflexión y midiendo la presión en cada una.

El módulo de reacción de la sub-rasante lo podemos definir como la presión que hay que transmitirle a

la placa para producir en el suelo una deformación pre-fijada.

$$K = P/A \text{ ( fuerza/longitud}^3 \text{ )}.$$

En nuestro caso particular, mediante nuestras pruebas de placas, nos resulto un módulo de reacción de sub-rasante de 6.0 Kg/cm<sup>3</sup>.

## 2.5 Vida Util del Proyecto

Se tomó como vida útil del proyecto 15 años, porque después de este periodo, las condiciones que van a prevalecer según planeación, serán diferentes; y consideramos que en este periodo de vida útil el tipo de diseño realizado será adecuado a las condiciones locales de la Ciudad de Camargo Chihuahua.

Esquema del dispositivo para la prueba de placa.

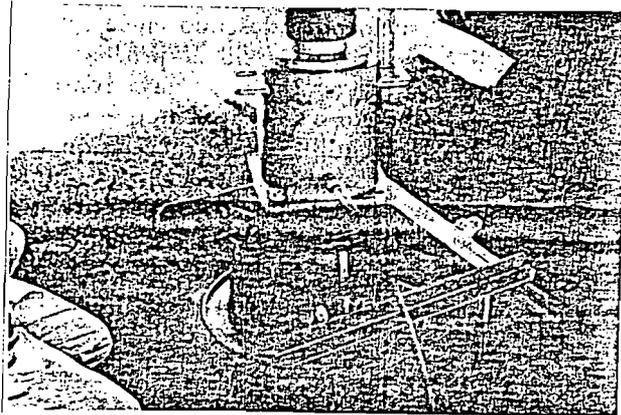


Fig. # 1a

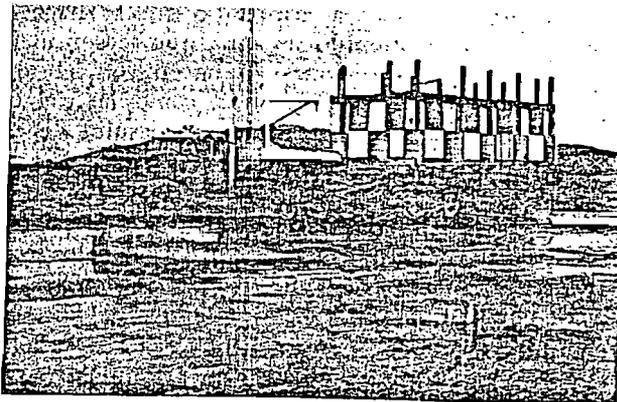


Fig. # 1b

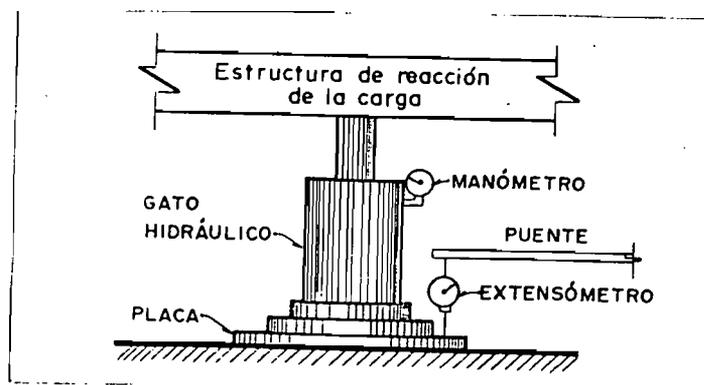


Fig. # 1c

### 3. INVESTIGACION DE BANCOS DE PRESTAMO

Uno de los factores importantes en la construcción de una carretera o cualquier obra civil, consiste en la buena elección de los bancos de prestamo de materiales, la selección va depender de varios factores; como es la facilidad de acceso, la calidad de los materiales, minimas distancias de acarreo, procedimientos de explotación económicos, procedimientos constructivos sencillos y económicos.

La investigación completa está formada por 3 etapas:

- a.- Reconocimiento preliminar, que debe incluir la opinión de un geólogo.
- b.- La exploración preliminar, en la que por medio de procedimientos simples puede obtener información sobre el espesor y composición del subsuelo, la profundidad del agua freática y demás datos que permitan definir si la zona es prometedora para la implantación de un banco de las características que se busca y si conviene continuar con la investigación.
- c.- La exploración definitiva, en la que por medio de sondeos y pruebas de laboratorio, se definen características de los suelos y rocas encontradas. ( ver tabla # 1 )

TABLA # 1

PRUEBAS DE LABORATORIO QUE SE EFECTUAN A LOS SUELOS QUE  
SE EXTRAEN DE BANCOS, SEGUN SU UTILIZACION

I. Terracerias.

a) Clasificación: Límites de plasticidad.

Granulometría

b) Calidad: Peso volumétrico máximo.

A veces, Valor relativo de soporte.

II. Capa Subrasante.

a) Clasificación: Límites de plasticidad.

Granulometría.

b) Calidad: Peso volumétrico máximo.

Valor relativo de soporte.

Expansión.

Equivalente de arena.

c) Diseño: Determinación del Valor relativo de soporte

( Método del Cuerpo de Ingenieros, U.S.A.),

o bien:

Pruebas de Hveem, o bien:

Pruebas Triaxiales de Texas.

III. Base y Sub-base.

a) Clasificación: Límites de plasticidad.

Granulometría.

b) Calidad: Peso volumétrico máximo.

Valor Relativo de Soporte.

Equivalente de Arena.

Expansión.

c) Diseño: Si se desea hacer un diseño estructural por capas, deberán realizarse las pruebas indicadas para la capa subrasante.

### III. Carpeta Asfáltica.

a) Clasificación: Límites de plasticidad.

Granulometría.

b) Calidad: Pruebas de desgaste y/o alterabilidad.

Equivalente de Arena.

Expansión.

Afinidad con el Asfalto.

Pruebas para definir la forma de los agregados.

c) Diseño: Prueba de Marshall, o bien:

Pruebas de Hveem.

El contenido óptimo de Asfalto puede determinarse también por el Método C.K.E.

### 3.1 Ubicación

Los bancos encontrados en la Ciudad de Camargo, Chihuahua son:

3.1.1 Banco el Pilar, ubicado al sur - este de la Ciudad, a una distancia de 4 Km. con una pendiente favorable de 4 % con facil acceso.

3.1.2 Banco el Relleno, ubicado al sur - oeste de la Ciudad, a una distancia de 4.2 Km. con una pendiente desfavorable de 3 % con dificil acceso.

### 3.2 Tipo de suelo

El suelo encontrado en los dos bancos de prestamo son:

3.2.1 Banco del Pilar, tipo de roca encontrada fue andesita, cuyo espesor por capas, es masivo; edad, terciaria; fracturamiento, intenso; Profundidad de intemperización, somero; material de construcción, triturado; permeabilidad, mediana. Sobre yace a un conglomerado constituido por fragmento de caliza y de roca ignea.

Estudio petrografico.

textura: microcriptocristalina

minerologia: Plagioclasa sódica, biotita, piroxeno, hematita y magnetita.

3.2.2 Banco el Relleno, tipo de roca encontrada fue arenisca, conglomerado; espesor por capas, masivo; edad, cuaternario; profundidad de intemperización, somero; permeabilidad, alta; material de

construcción, relleno y triturado.

Conglomerado predominantemente igneo, con matriz arenosa medianamente cementada. Hay lentes de arcilla y bancos de material sin trabajar.

### 3.3 Procedimiento de extracción

El procedimiento a emplear sera el siguiente:

3.3.1 Banco del pilar, por el tipo de roca que se encuentra, andesita se usara explosivos.

3.3.2 Banco el relleno, por el tipo de roca que se encuentra, arenisca y conglomerado se usara pala.

### 3.4 Selección de Bancos de prestamo

De los bancos mencionados anteriormente se escogió el banco el pilar ya que reúne condiciones adecuadas como es, facilidad de acceso, pendiente favorable de 4%, calidad optima de los materiales, menor distancia de acarreo, por lo que resulta más económico.

#### 4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

##### 4.1 Pavimento Flexible, Método del Instituto de Ingeniería.

4.1.1 Tránsito inicial diario promedio anual en el carril de diseño ( TDPA )<sub>1</sub> = 2500 ejes.

4.1.2 Composición de los tránsitos considerados ( % )  
se considera como pesado ( P ).

4.1.3 Tasa de crecimiento anual ( % )

$$r = 6 \%$$

4.1.4 Valor relativo de soporte ( VRS )

$$VRS = 10 \%$$

4.1.5 Condiciones normales, nivel de rechazo = 2.5

4.1.6 Análisis estructural

De la fig. # 2; se tiene que el espesor equivalente de grava es:

$$H = 46 \text{ cm de grava equivalente.}$$

De la fig. # 2; se tiene un tránsito acumulado de ejes sencillos de 8.2 ton de:

$$\Sigma L = 12,000,000 \text{ vehiculos}$$

estructuración, según las normas constructivas, y factores de grava equivalente de la tabla # 2

carpeta de concreto asfáltico = 12.0 cm

base hidráulica = 12.0 cm

sub-base hidráulica = 13.0 cm

---

37.0 cm

Espesor efectivo = 12 CA - 12 BH - 13 SEH

TABLA # 2

ESTRUCTURACIONES USUALES DE PAVIMENTOS ASFALTICOS.

CAPA Y TIPO DE MATERIALES EMPLEADOS	LIMITE DE TRANSITO *	FACTORES DE GRAVA EQUIVALENTE	ESPESOR MINIMO REAL (cm)
Sub-bases hidráulicas (Z-1 y II).....	Cualquiera	1.0	12
Bases hidráulicas(Z-1 y II)	2.5	1.1	12
Carpetas de concreto asfáltico.	0.4	2.0	4
	1.0	1.9	5
	2.5	1.8	7
	5.0	1.7	9
	15.0	1.6	12
	50.0	1.5	12

\* Tránsito acumulado de ejes sencillos equivalentes a 8.2 ton, en millones.

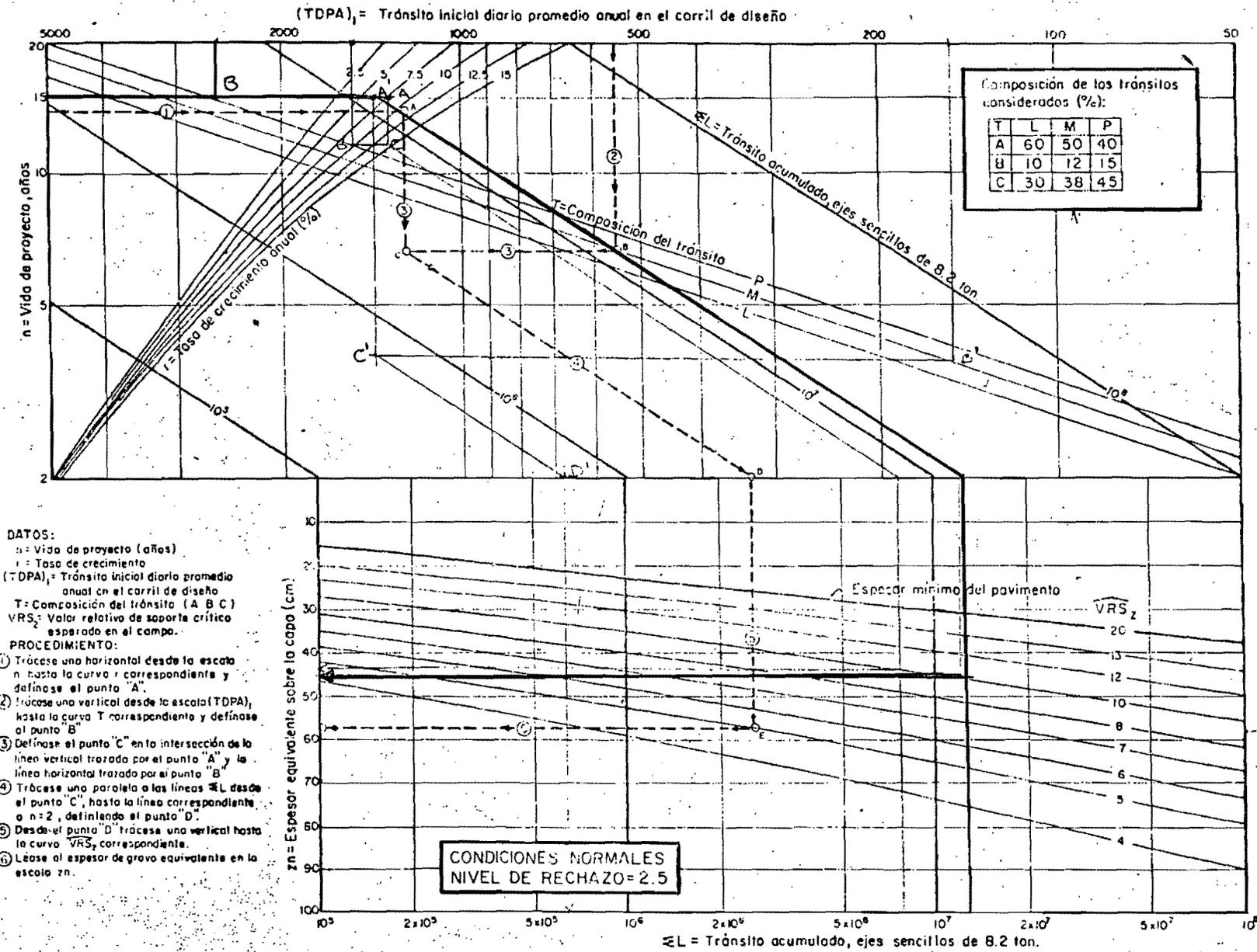
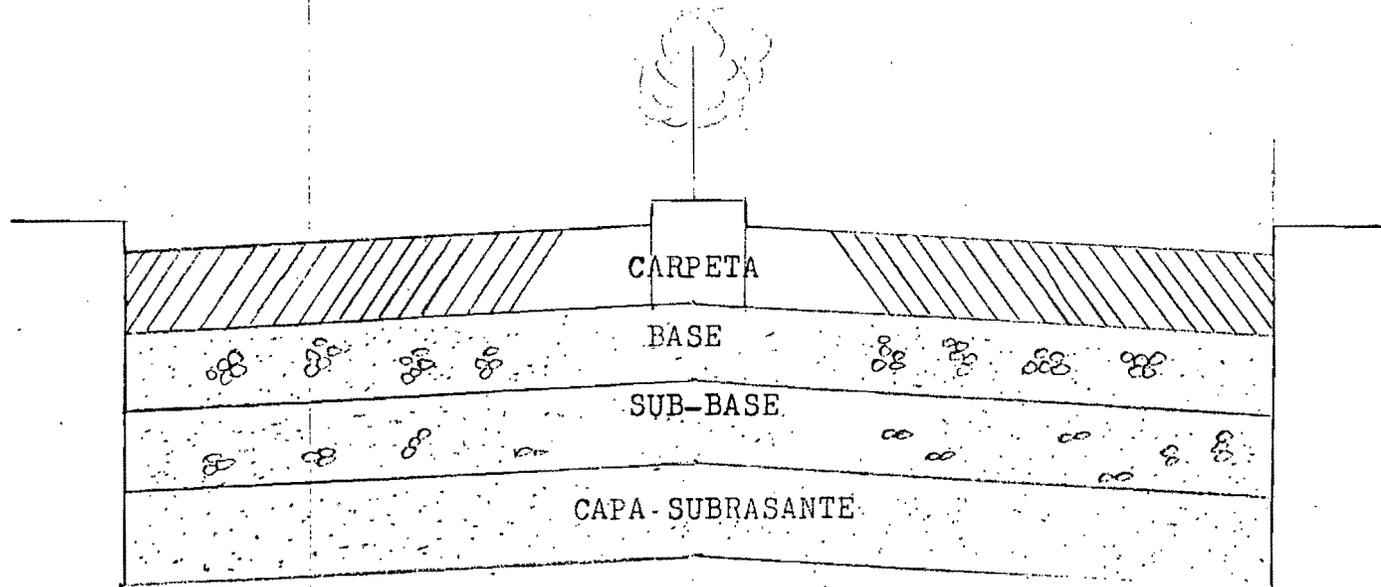


Fig. Nomogram para el diseño estructural de pavimentos flexibles.

Fig. # 2

SECCION TRANSVERSAL PAVIMENTO FLEXIBLE

15.20 mt  
1.25mt, 3.50 mt, 3.50 mt, 1.20, 3.50 mt, 3.50 mt, 1.25mt



///=///

///=///

#### 4.2 Diseño de la carpeta de concreto asfáltico en planta para mezclas en caliente.

El concreto asfáltico se fabrica en instalación fija y luego es transportado a la obra por medio de camiones. luego se vierte en una pavimentadora que extiende el material, produciendo una superficie lisa. El material caliente es comprimido mediante apisonadoras para formar el pavimento terminado.

El procedimiento es el siguiente:

El material se separa en diversos tamaños por medio de cribas vibratorias múltiples, que separan cada tamaño en la correspondiente tolva de almacenaje en caliente.

La tolva número 1 contiene la fracción que pasa por el tamiz # 10, la tolva número 2 la que pasa por el tamiz de 3/8 pulg. y es retenida en el tamiz # 10 y la tolva número 3 contiene la fracción retenida en el tamiz de 3/8 pulg.

Después que se ha vertido sobre el mezclador la cantidad adecuada de áridos de cada tolva, se añade el asfalto y se mezcla el material hasta que queden bañados todos los aridos. El asfalto se agrega a unos 135°C y la mezcla terminada sale de la planta a una temperatura comprendida entre 120°C y 150°C la

capacidad de las plantas pueden variar de 60 a 200 ton/hora.

4.2.1 Diseño de la mezcla asfáltica.

TABLA # 4.1

PORCENTAJE QUE PASA									
abertura del tamiz	Tolva(3) 19mm-9.5mm		Tolva(2) 9.5mm-# 10		Tolva(1) menor #10		granulometría com- binada	fórmula de tra- bajo	limite de espe- cifica- ciones
	total	60%	total	30%	total	10%			
3/4"-19mm	100	60	100	30	100	10	100	100	100
1/2"-12.7	90	54	100	30	100	10	94	94	80-100
3/8"-9.5mm	80	48	100	30	100	10	88	88	72-90
Número 4	53	31.8	86.8	26.04	100	10	67.84	68	52-72
Número 10	36	21.6	52	15.6	100	10	47.2	47	35-55
Número 40	20	12.0	18	5.4	100	10	27.4	27	12-30
Número 80	12	7.2	9	2.7	58.2	5.82	15.72	15	7-18
Número 200	5	3.0	7	2.1	4.22	0.42	5.52	6	2-8
Contenido de Asfalto %	-----							5.3	

4.2.2 Peso de los amasados. Si se efectuó la mezcla en planta empleando 2000 Kg por amasado los pesos serán los siguientes:

Ver tabla # 4.2

La elaboración de la tabla, tiene como primer punto determinar la cantidad de asfalto necesario.

$$\frac{5.3 \times 2000}{100} = 106 \text{ Kg.}$$

TABLA 4.2

PESO POR AMASADOS				
	% DE ARIDOS. 1894 Kg. (1)	Kilogramos (2)	kilogramos de aridos, acumulativa (3)	Kilogramos de asfalto (4)
Tolva 3	60	1136.4	1136.4	
Tolva 2	30	568.2	1704.6	
Tolva 1	10	189.4	1894.0	
Asfalto		106.0		106
Total	100	2000		106

Esta cantidad se resta del peso total del amasado, o sea, de 2000 kg. para obtener los kilogramos de arido indicado entre paréntesis en la columna 1 los porcentajes correspondientes incluidos en esta columna, multiplicados por 1894/100, darán los pesos individuales por cada tolva. Al terminar los pesos debe pesarse en primer lugar la tolva 3; después debe añadirse la 2, luego la 1, estos pesos deberán indicarse en la balanza.

#### 4.2.3 Ajuste de la mezcla en planta:

Calibrando la planta para una producción de 95 ton/hora.

- a. Primero determinamos la cantidad de asfalto a añadir en litros/minuto.

$$\frac{5.3}{100} \times \frac{95}{60} \times 1000 = 83.92 \text{ kg/mint}$$

El peso total de áridos a emplear por minuto sera:

Tomando una dosificación de 94 litros/minuto

$$\frac{0.947}{0.053} \times 83.92 = 1500 \text{ kg/mint}$$

El número de vueltas por minuto del contador de revoluciones es de 15.28, los kilogramos de áridos necesarios por vuelta sera:

$$\frac{1500}{15.28} = 99 \text{ kg/vuelta}$$

Luego calibramos cada tolva de áridos en caliente.

Tolva	Kilogramos por vuelta	abertura
3	$0.60 \times 99 = 59$	6.10 cm
2	$0.30 \times 99 = 28$	2.79 cm
1	$0.10 \times 99 = 10$	1.78 cm

4.2.4 Las mezclas asfálticas obtenidas en planta, deberán satisfacer determinadas condiciones dadas por el método Marshall de Mezclas asfálticas, cuyos elementos principales de análisis son, la relación entre densidad y volumen de huecos, y un ensayo para la determinación de la estabilidad y fluencia de las probetas.

La tabla 4.3, nos da los límites especificados para mezclas ( Método de Marshall ).

La tabla 4.4, nos da los límites especificados para cementos asfálticos N° 6 .

CARACTERISTICAS	USO DE LA MEZCLA ASFALTICA ELABORADA CON CEMENTO ASFALTICO.	TRANSITO DIARIO EN AMBOS SENTIDOS.
		mas de 2000 vehiculos pesados.(a)
Número de golpes por cara.....	.....	75
Estabilidad mínima, kilogramos.....	Para carpetas, capas de nivelación, bases asfálticas y bacheo.....	700
Flujo, en milímetros.....	Pra carpetas, capas de nivelación, bases asfálticas y bacheo.....	2 - 4
Por ciento de vacíos en la mezcla, respecto al volumen del espécimen(b)..	Para carpetas y mezclas de nivelación.....	3 - 5
	Para bases asfálticas.....	3 - 8
Por ciento de vacíos en el agregado mineral (VAM), respecto al volumen del espécimen de mezcla, de acuerdo con el tamaño máximo del material pétreo, mínimo (b).....	4.76 mm Núm. 1	18
	6.35 mm ( 1/4")	17
	9.51 mm ( 3/8")	16
	12.7 mm ( 1/2")	15
	19.0 mm ( 3/4")	14
	25.4 mm ( 1" )	13

(a) se consideran como vehículos pesados los camiones en todos sus tipos y los autobuses.

TABLA # 4.3

TABLA 4.4

CARACTERISTICAS	CEMENTO ASFALTICO # 6
Penetración, 100g. 5s, 25°C, grados.....	80 - 100
Viscosidad Saybolt-Furol:	
A 135°C, s, mínimo.....	85
Punto de inflamación(copa abierta de Cleveland), °C mínimo.....	232
Punto de reblandecimiento, °C.....	15 - 52
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo.....	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.....	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm <sup>3</sup> , 5h, 163°C:	
Penetración retenida, por ciento mínimo.....	50
Pérdida por calentamiento, por ciento máximo.....	1.0

### 4.3 Diseño de Pavimento Rígido ( PCA )

#### 4.3.1 Tránsito

El volumen de tránsito mezclado que se toma para el diseño del pavimento rígido ( TD ) se determina por la expresión siguiente propuesta por la PCA ( en la tabla # 3 se dieron los datos de tránsito para un determinado caso, pero para nuestro caso se usara la metodología propuesta por PCA ).

$$T D = \frac{100 P}{100 TPh (\gamma - 1)} \times \frac{5000 N}{K D}$$

en donde:

TD = Tránsito mezclado, válido para diseño.

P = Número de automóviles de pasajeros, incluyendo camionetas, por carril y por hora.

N = Número de carriles en ambas direcciones.

TPh = porcentaje de camiones, durante horas de máxima fluencia = 2/3 del porcentaje de vehículos pesados en los dos direcciones.

J = Número de carros de pasajeros equivalente a un camión.

Terreno montañoso = 4

Terreno plano = 2

K = Volumen horario de tránsito de diseño ( UHD )

el cual se expresa como % del TD, y puede ser:

Autopista de tránsito elevado = 15 %

Autopista de tránsito medio = 12 %

D = Tránsito máximo en una dirección, en porcentaje, durante las horas de máxima fluencia, el cual varía entre 50 y 75 % y puede ser:

Autopista de tránsito elevado = 67%

Autopista de tránsito medio = 60%

La aplicación de la fórmula conduce a lo siguiente:

$$\text{Porcentaje de vehículos pesados} = \frac{3750}{5000} = 75 \%$$

en dos direcciones.

Se obtiene sumando los renglones B, C<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, y T<sub>3</sub>S<sub>2</sub> de la tabla # 3 y dividiendo dicha suma entre el total de vehículos.

$$P = 1200$$

Este valor de P se obtiene de la tabla # 4

Luego:

$$N = 4$$

TPh = 2/3 del porcentaje de vehículos pesados

$$TPh = 2/3 \times 75 = 50 \%$$

$$P = 1200$$

$$J = 2$$

$$K = 12$$

$$D = 60 \%$$

Tránsito de diseño sera:

$$TD = \frac{100 \times 1200}{100 + 50(2-1)} \times \frac{5000 \times 4}{12 \times 60} = 22,222$$

( dos sentidos )

Por lo tanto el número de vehículos pesados 22,222 0.75

# de vehículos pesados 16667 por día y los camiones en una sola dirección serán 8334 por día.

Volumen promedio horario de vehículos pesados en un sentido ( VPh ) :

$$VPh = \frac{22222}{2 \times 24} = 463$$

mediante el empleo de la tabla # 5 se obtiene el porcentaje de camiones en el carril de diseño, que es de 89 % .

El número de camiones pesados por carril de diseño en un periodo de 15 años es el siguiente:

8334 camiones en una dirección/ día  $\times$  0.89  $\times$  365 días/ año  $\times$  15 = 40.609,499 camiones en vida de diseño.

La distribución de vehículos pesados se muestra en la tabla # 6 , en la que los factores de distribución se dan por 1000 ejes.

#### 4.3.2 Análisis Estructural.

Módulo " K " de la sub-rasante =  $6.0 \text{ Kg/cm}^3$

Factor de seguridad 1.2 ( autopista de mediano tránsito )

MR = 47  $\text{Kg/cm}^2$

Elección de la sub-base .

Se colocará sobre la sub-rasante una sub-base de tipo hidráulico con espesor de 15 cm.

El módulo " K " de la sub-base =  $7.0 \text{ Kg/cm}^2$  ,  
determinado mediante la fig. # 6 .

Espesor de la losa = 21 cm ( supuesta ) .

Procedimiento:

- a. LLénense las columnas 1, 2, y 6 enlistando las cargas por eje en orden decendente.
- b. Supóngase un espesor tentativo, usese incrementos de 1 cm
- c. Analícese el espesor tentativo, completando las columnas 3, 4, 5 y 7 .
- d. analícese otros espesores tentativos, variando el MR , espesor y tipo de sub-base .
- e. La columna # 3 , obtiene de la fig. # 7
- f. La columna # 4, sera la columna # 3/MR
- g. Repeticiones admisibles de la fig. # 8

TABLA # 3

ANALISIS DEL TRANSITO

Tránsito inicial diario promedio anual: ( TDPA )<sub>2</sub> : 5000

Vida del proyecto del Pavimento: 15 años

Tasa se crecimiento anual: 6 %; Num. de carriles: 4

Composición del Tránsito: A, 25 % ; B, 10 % ; C, 65 %

Tipo de Vehículo	Composi- ción. %	Volumen promedio anual en 2 direc ciones.	Volumen promedio anual en un sentido.
A	25 %	1250	625
B	10 %	500	250
C <sub>2</sub>	45 %	2250	1125
T <sub>2</sub> S <sub>1</sub> -C-3	10 %	500	250
T <sub>2</sub> - S <sub>2</sub>	5 %	250	125
T <sub>3</sub> - S <sub>2</sub>	5 %	250	125
Total	100 %	5000	2500

TABLA # 4

Número de autos (incluyendo camionetas) por carril y por hora según (P.C.A.)

---

Tipo de carretera	
Autopistas urbanas.....	1500
Autopistas suburbanas .....	1200
Autopistas.....	1000
Carreteras de tránsito medio.....	700-900
Carreteras de bajo tránsito.....	500-700

TABLA # 5

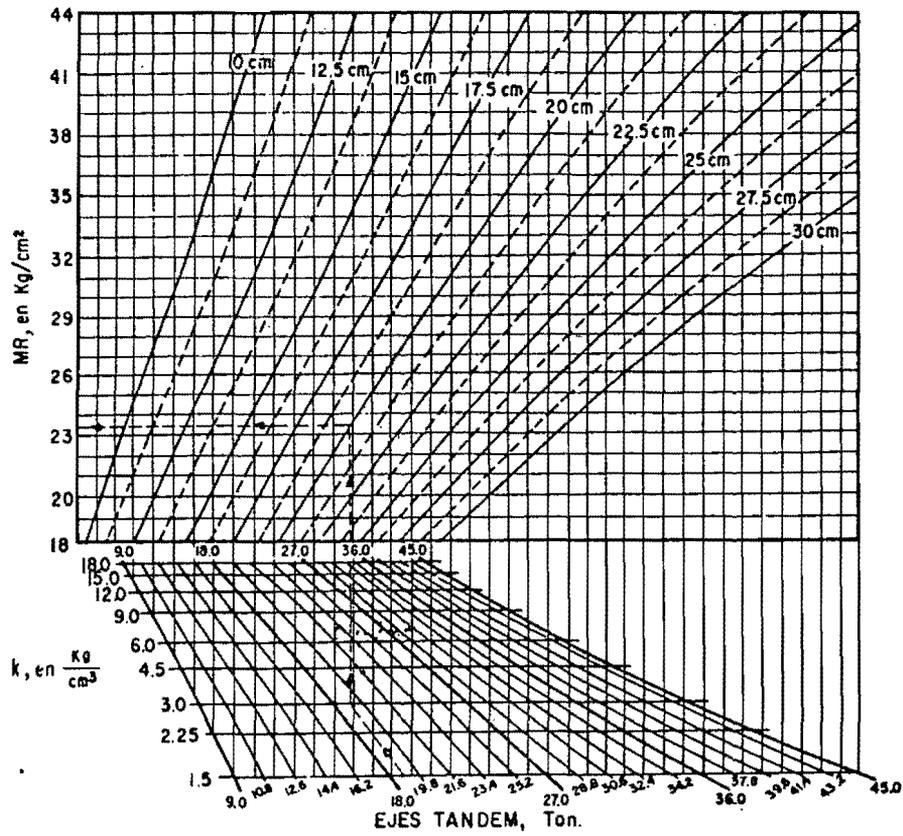
Porcentaje de camiones en el carril de diseño para carreteras.

---

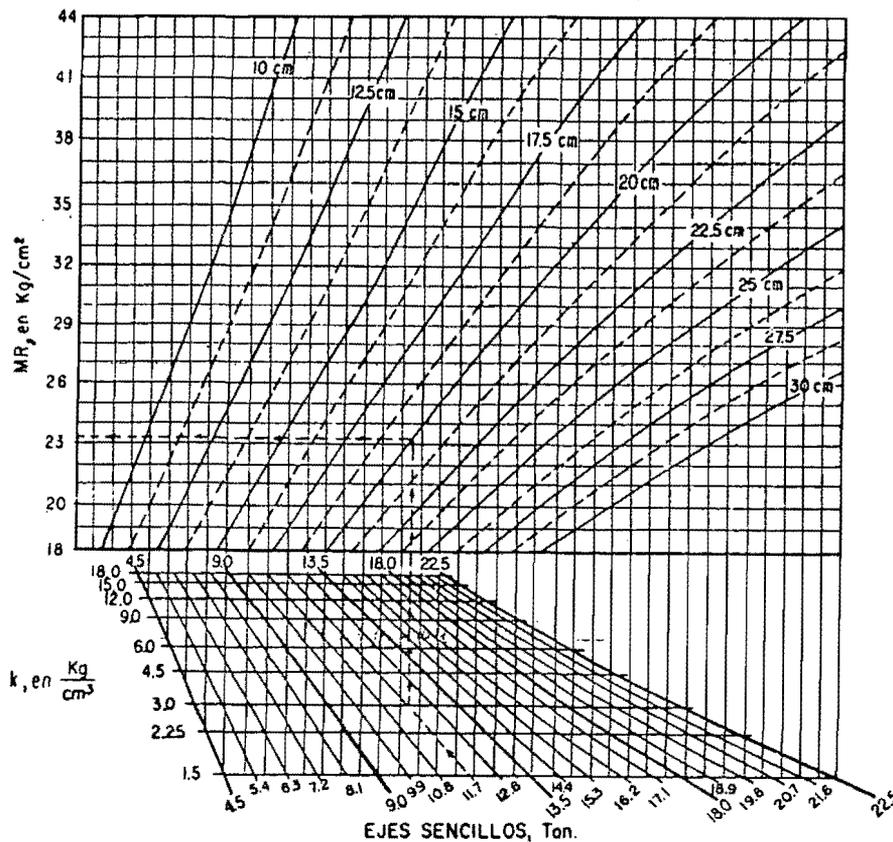
Promedio horario de vehículos pesados en un solo sentido. (cientos de camiones)	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño. %
2	96
4	90
8	84
12	80
16	77
20	76
24	74
28	74
32	75
36	77

TABLA # 6

Carga por eje	Ejes equivalentes acumulados	Factor de distribución por eje	Repetición de carga esperada
EJE SENCILLO			
13.6	40.609,499	0.30	12,183
12.7	40.609,499	0.50	20,305
11.8	40.609,499	56.0	2.274,132
10.9	40.609,499	60.0	2.436,570
10.0	40.609,499	78.0	3.167,541
EJE TANDEM			
24.5	40.609,499	0.30	12,183
23.6	40.609,499	0.50	20,305
22.7	40.609,499	1.00	40,610
21.8	40.609,499	9.00	365,485
20.8	40.609,499	5.7	231,474
20.0	40.609,499	3.0	121,829
19.0	40.609,499	3.5	142,133
18.1	40.609,499	4.0	162,430



Gráfica de diseño, para carga en tandem.



Gráfica de diseño, para carga en ejes sencillos.

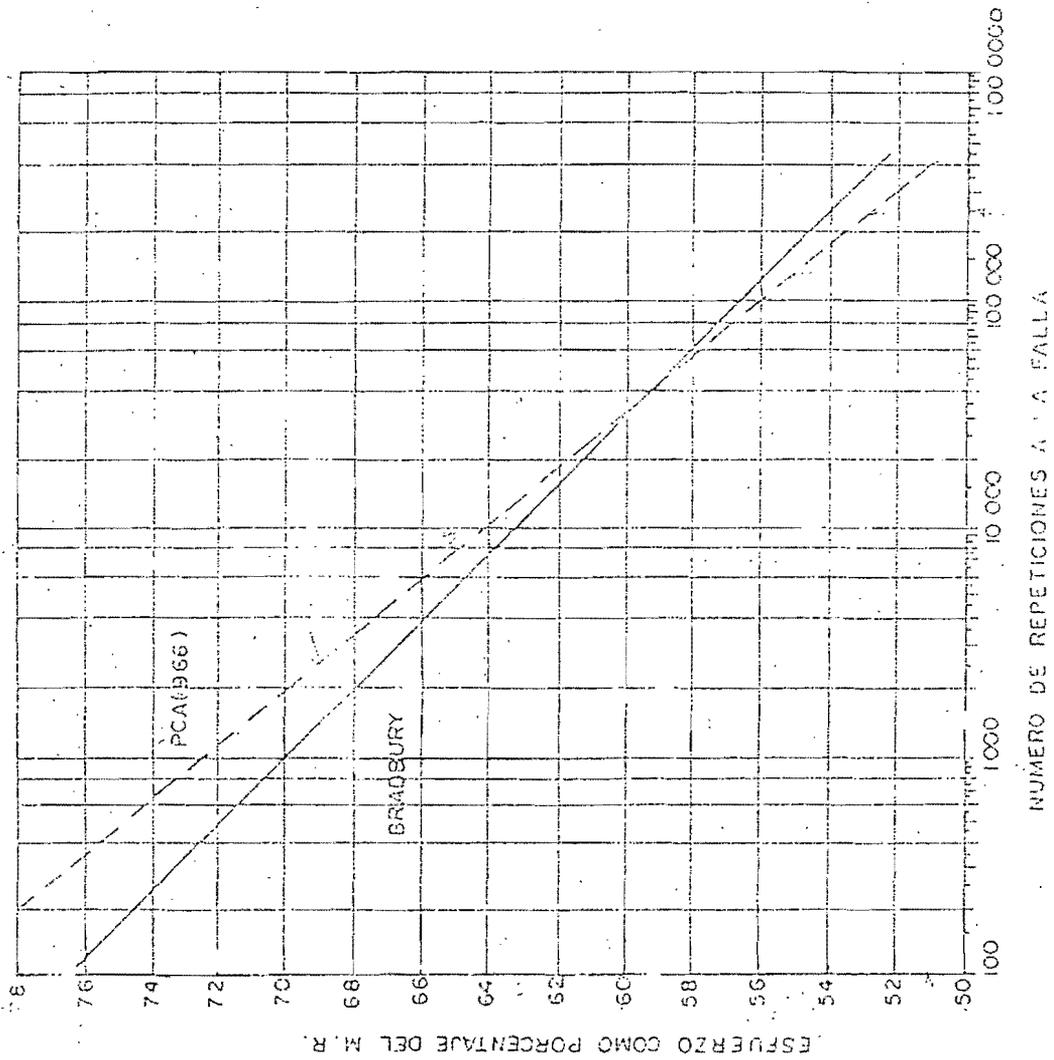


Fig. # 8

CURVAS DE FATIGA PARA CONCRETO SIMPLE A LA FLEXION

EFFECTO DEL ESPESOR DE SUB-BASE  
GRANULAR EN EL VALOR DE K EN  
LA SUBRASANTE.

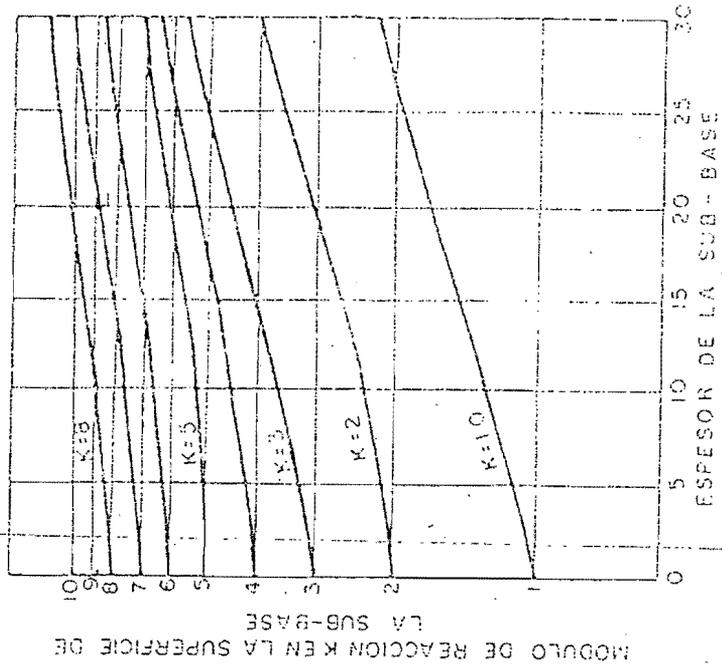


Fig. # 6

TABLA # 7

DISEÑO DE ESPEORES DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA CARRETERAS.

I	2	3	4	5	6	7
Cargas por eje	Cargas por eje X F.S.C.	ESFUERZO	RELACION ESFUERZOS.	REPETICIONES ADMISIBLES. Nº	Número de Repeticiones espedadas. Nº	RESISTENCIA A LA FATIGA USADA %
ESPESOR TENTATIVO ————— 21 ————— MR ————— 47 ————— K ————— EJES SENCILLOS						
13.6	16.3	23.1	0.49	sin limite	12,183	0
12.7	15.2	22.5	0.48	sin limite	20,305	0
11.8	14.2	21.0	0.45	sin limite	2.274132	0
10.9	13.1	20.0	0.43	sin limite	2.436570	0
10.0	12.0	19.0	0.40	sin limite	3.167541	0
EJES EN TANDEM.						
24.54	29.4	26.0	0.55	130000	12,183	9
23.63	28.3	25.3	0.54	180000	20,305	11
22.72	27.3	24.5	0.52	300000	40,610	14
21.81	26.2	24.0	0.51	400000	365,485	91
20.9	25.1	23.0	0.48	sin limite	231,474	0
20.50	24.0	22.0	0.47	sin limite	121,829	0
19.0	22.8	21.0	0.45	sin limite	142,133	0
18.1	21.7	20.0	0.43	sin limite	162,438	0

TOTAL ————— 125 %

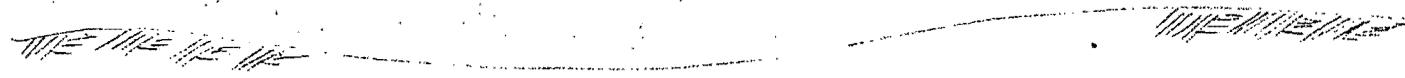
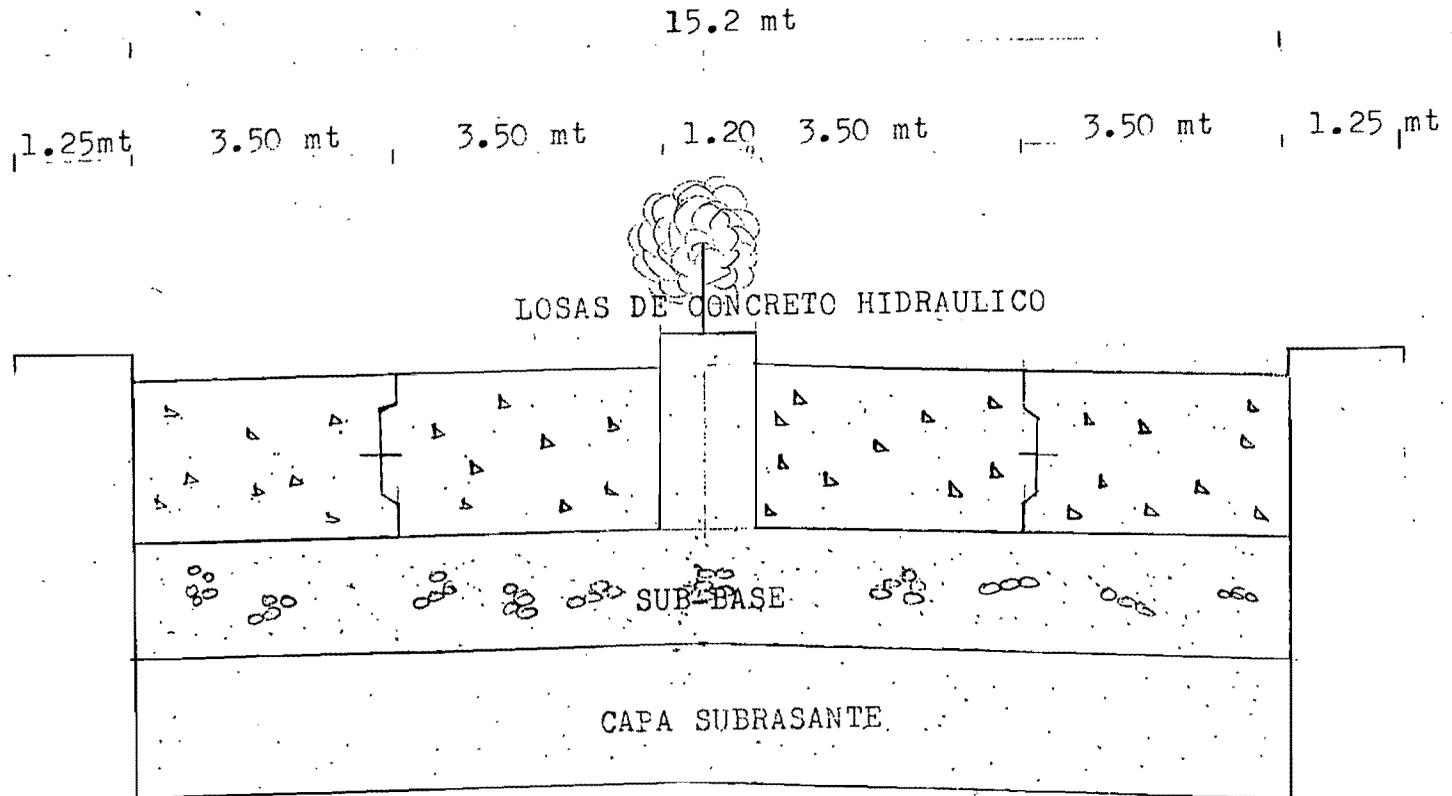
h. La resistencia a la fatiga no debe ser mayor de 1  
125 %

El espesor final sera:

Sub-base Hidráulica = 15.0 cm

Losa de Concreto Hidráulico = 21.0 cm ,

SECCION TRANSVERSAL PAVIMENTO RIGIDO



#### 4.4 Diseño de Juntas

En todo pavimento rígido las juntas se dividen en 4 grupos:

- a. Juntas de Contracción
- b. Juntas de Expansión
- c. Juntas de Construcción
- d. Juntas de alabeo o articulación.

- a. Las Juntas de Contracción se disponen para aliviar los esfuerzos de tensión causados por la contracciones del concreto.
- b. Las Juntas de Expansión se disponen para permitir que las losas de concreto se expandan una con otra sin destruirse.
- c. Las Juntas de Construcción se disponen para aliviar la interrupciones de la operación del colado, garantizando la continuidad estructural.
- d. Las Juntas articuladas su misión es evitar el agrietamiento a lo largo del eje central del pavimento o en la unión de las diferentes hileras de losas que se producirían al elevarse sus bordes cuando la losa es cargada.

Las juntas suelen hacerse o bien ranurando el concreto, o provocando una ranura que se rellena de algún material

apropiado o, estableciendo la continuidad a ambos lados de la ranura con barras de acero liso ( pasajuntas ) o corrugadas ( barra de sujeción ).

Diseño de pasajuntas corrugadas en carreteras.

( barra de sujeción ).

De la fig. # 9, con el espesor de losa de 21 cm, y el ancho de losa de 3.50 mts tenemos:

Barra de  $3/8" \text{ } \emptyset \times 38 \text{ cm}$ , espaciadas a 45 cm.

Diseño de pasajuntas lisas.

De la fig. # 10 con el espesor de losa de 21 cm, y el módulo de reacción combinado " K " =  $7.0 \text{ Kg/cm}^3$  tenemos:

Barras de  $3/4" \text{ } \emptyset \times 37.5 \text{ cm}$ , espaciadas a 30 cm.

# DISEÑO DE PASAJUNTAS LISAS EN CARRETERAS

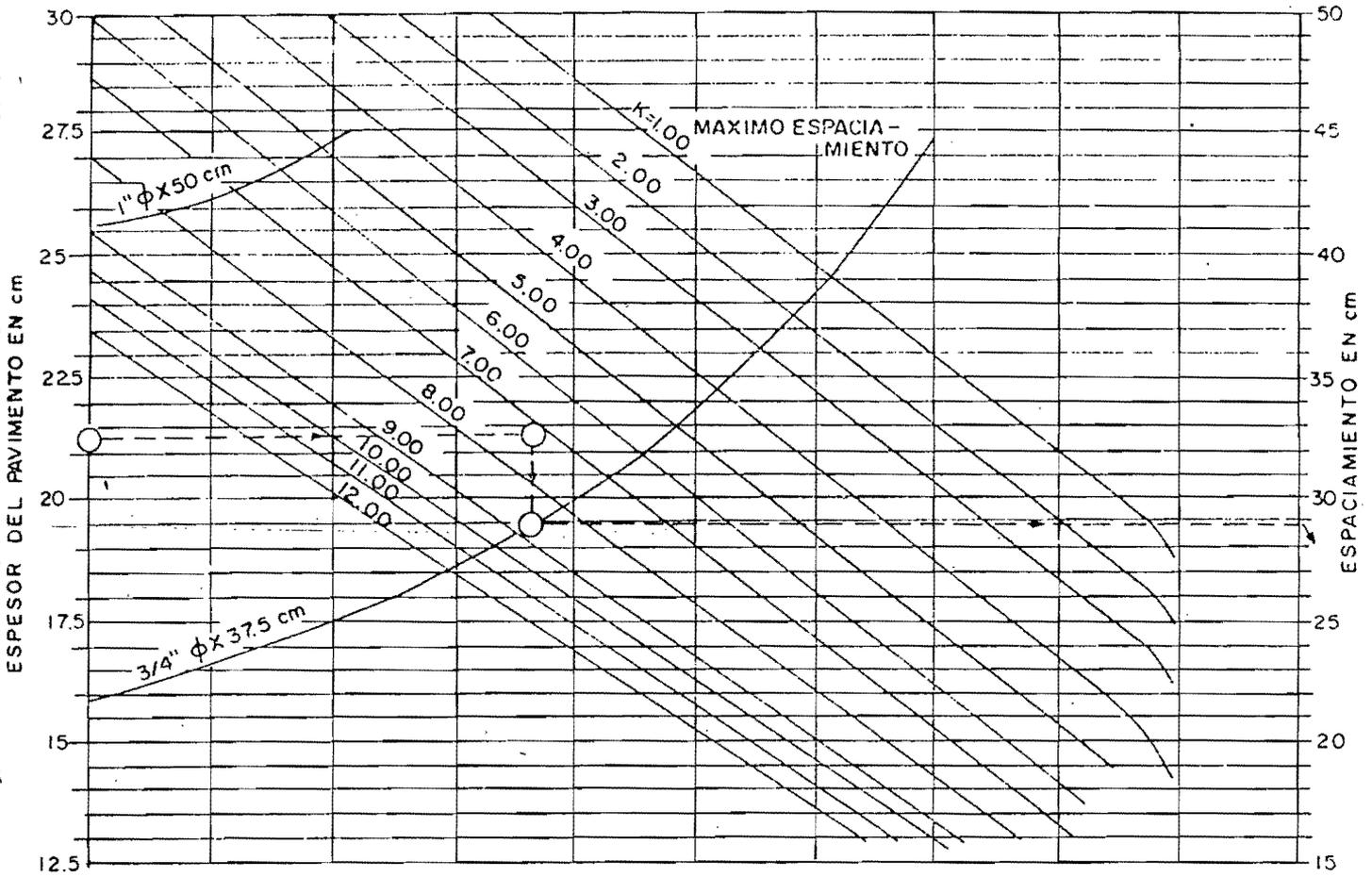


Fig. # 10

## DISEÑO DE PASAJUNTAS CORRUGADAS EN CARRETERAS (BARRAS DE SUJECION)

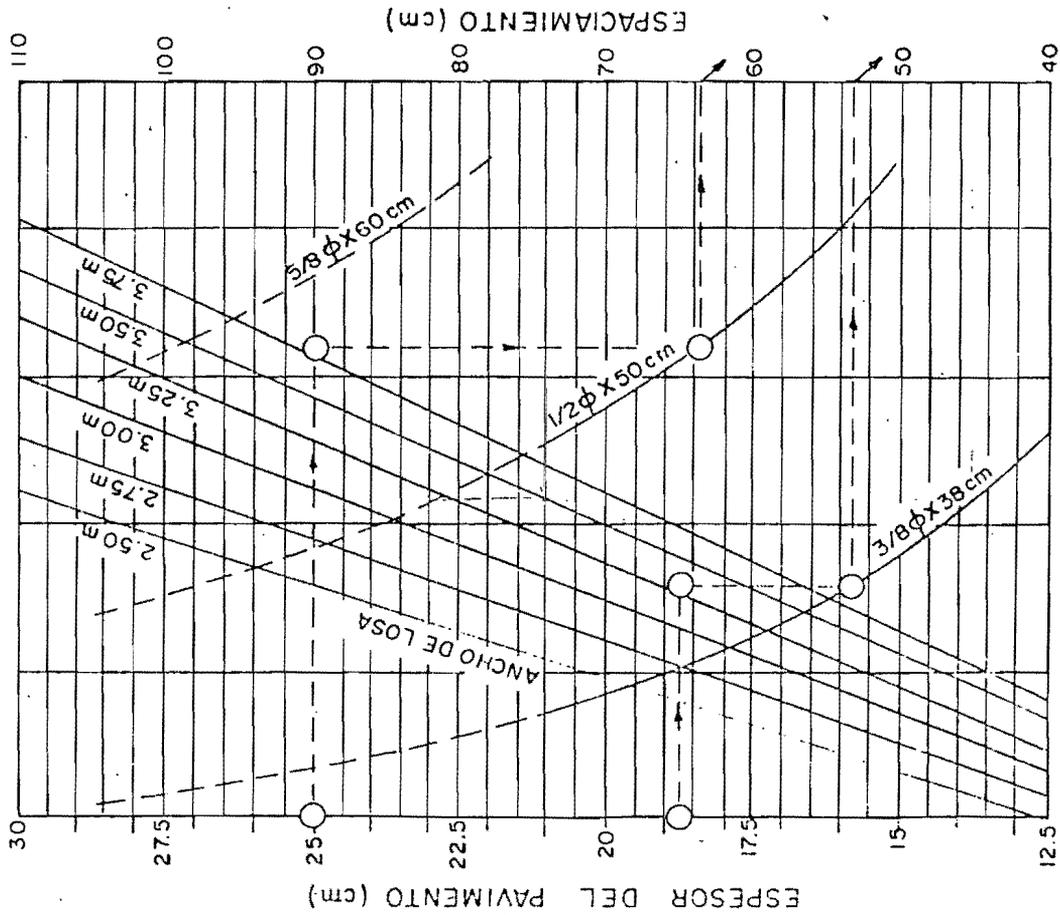
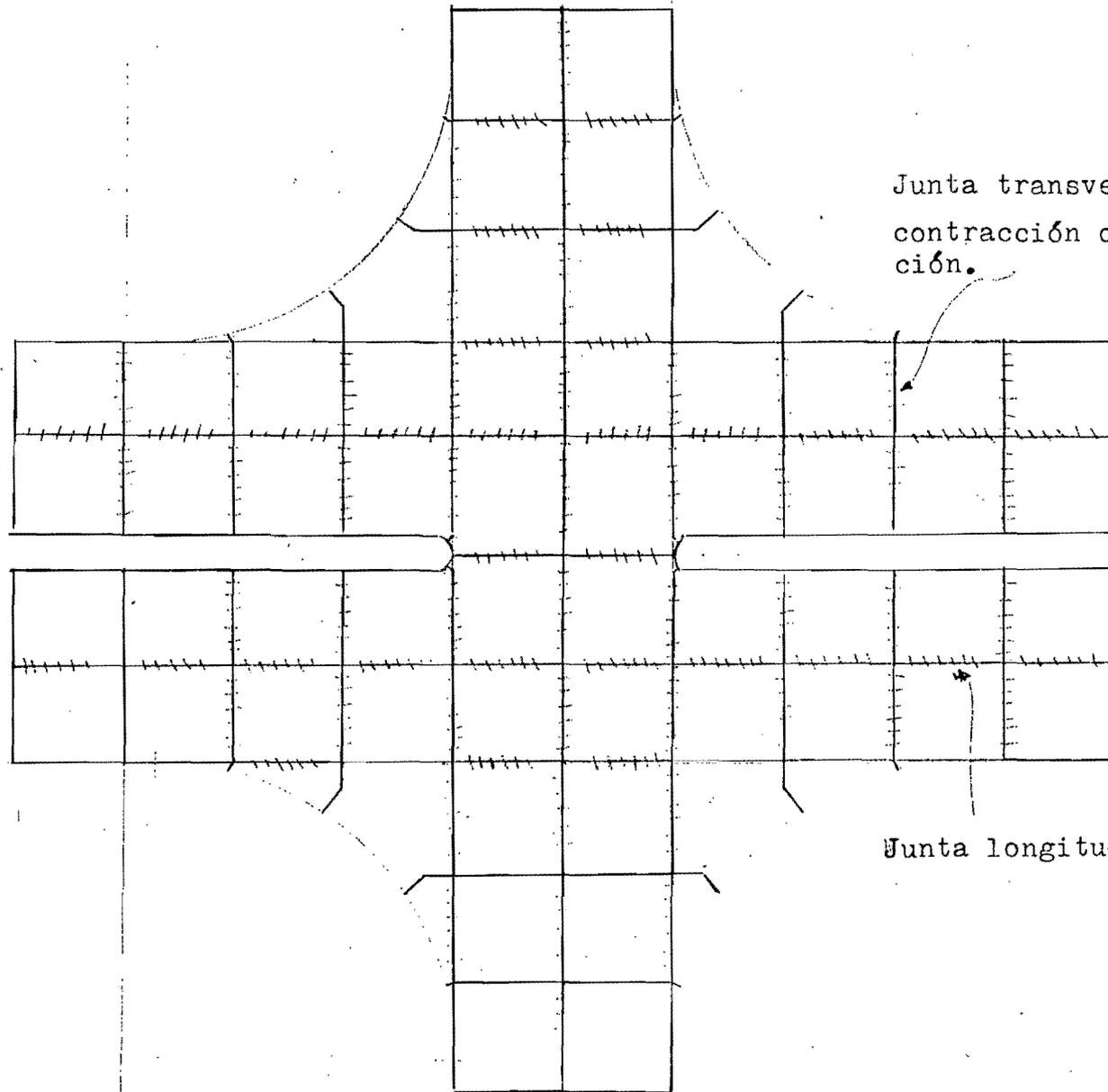


Fig. # 9

DETALLES DE CRUCES

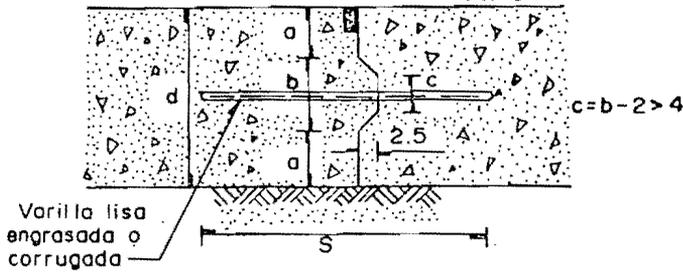


Junta transversal de  
contracción o expan-  
ción.

Junta longitudinal

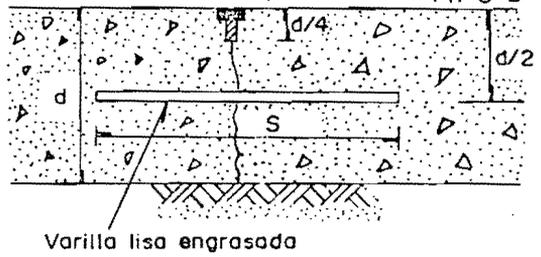
### JUNTAS LONGITUDINALES

TIPO A



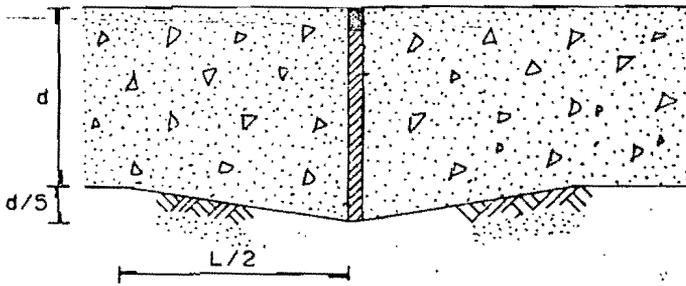
### JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION

TIPO B



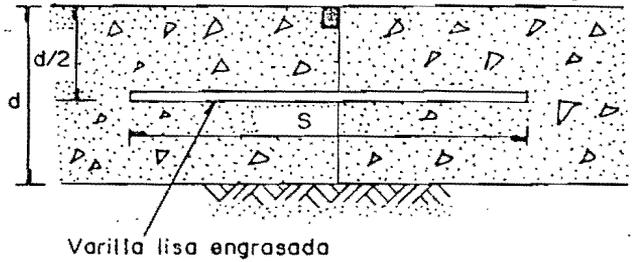
### JUNTAS DE EXPANSION

TIPO C



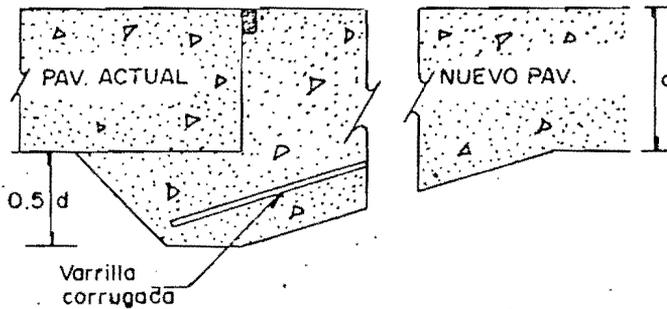
### JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCION

TIPO D



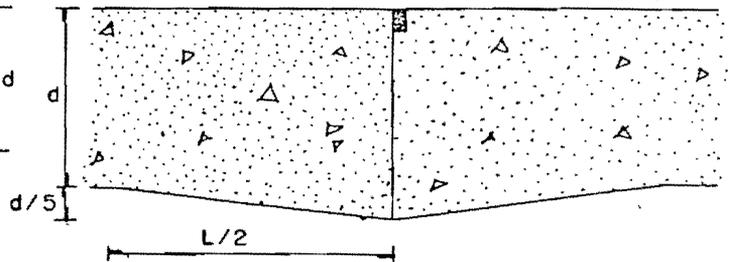
### JUNTA EN AMPLIACIONES

TIPO E



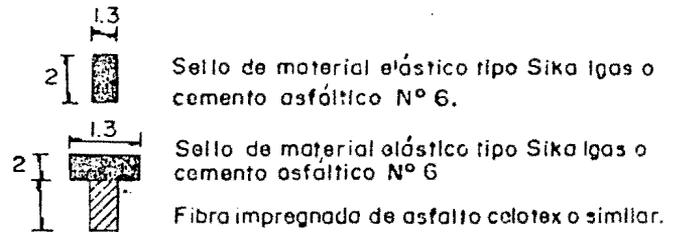
### JUNTA DE DESLIZAMIENTO

TIPO F



### SIMBOLOGIA DE JUNTAS PARA LA PLANTA DE DISTRIBUCION DE LOSAS

	con pasajunto	sin pasajunto
TIPO A	—+—	—
TIPO B	-+--	---
TIPO C		====
TIPO E	====	
TIPO F		=====



### NOTAS:

Todas las dimensiones están acotadas en centímetros excepto las que se especifican en otras unidades. Los dibujos están fuera de escala. Las juntas tipo D se construirán cuando el colado de las losas se suspenda durante un lapso mayor de 30 minutos. El ancho de la ranura de las juntas deberá ser de 1.3 cm. Todas las losas perimetrales tendrán el borde exterior engrasado con las dimensiones y forma de la junta tipo C. Las juntas tipo A y B podrán diseñarse con o sin pasajunto, según se requiera en cada proyecto en particular. L= Longitud mínima de la losa.

### JUNTAS TIPO DE PAVIMENTOS RIGIDOS

## 5. PROCEDIMIENTO DE EXPLOTACION DE UN BANCO

### 5.1 Cálculo de la Carga Explosiva.

Los factores básicos a tomar en cuenta la conveniencia o inconveniencia de explosivos son:

- a. Efecto del estallido.
- b. Sensibilidad a la iniciación y estabilidad de la detonación.
- c. Seguridad en su manejo.
- d. Estabilidad química y física.
- e. Emisión de gases inconvenientes y tóxicos.

Las consideraciones que se toman en cuenta en la elección del tipo de explosivo, son de carácter económico, se elegira aquel explosivo que combinado con la barrenación nos rinda un precio unitario favorable; a si mismo se debera tomar en cuenta el tipo de fragmentación adecuada, como la densidad de explosivo por metro cubico de roca.

Datos:

Altura cara del banco = AC = 14 mts

Anchura del banco = AB = 30 mts

Diámetro del barreno = d = 3" = 76.2 mm .

1. Bordo Máximo

$$B_{\max} = 40 \text{ d}$$

$$B_{\max} = 40 \times 76.2 = 3.048 \text{ mt} = 3.048 \text{ mts}$$

2. Sub-perforación

$$S.P = 0.3 \times B_{\max}$$

$$S.P = 0.3 \times 3.0 = 0.9 \text{ mts}$$

3. Profundidad del barreno en metros = altura de la cara + la sub-perforación + 5 cm/m debido a la inclinación de 3:1 del barreno.

$$PB = AC + SP + 0.05 ( AC + SP )$$

$$PB = 14 + 0.9 + 0.05 ( 14 + 0.9 ) = 15.65 = ( 15.70 \text{ mts} )$$

4. Falla o error de perforación = 5 cm de error por emboquillado + 3 cm/m de barreno.

$$F = 0.05 + 0.03 \times PB$$

$$F = 0.05 + 0.03 \times 15.70 = 0.52 \text{ mts}$$

5. Bordo práctico.

$$B_1 = B_{\max} - F$$

$$B_1 = 3 - 0.52 = 2.48 = ( 2.50 ) \text{ mts}$$

6. Espaciamiento práctico

$$E_1 = 1.25 \times B_1$$

$$E_1 = 1.25 \times 2.50 = 3.12 \text{ mts}$$

$$\# \text{ de espacios } \frac{AB}{E_1} = \frac{30}{12} = 9.6 = ( 10 )$$

$$E_1 = \frac{AB}{\# \text{ de espacios}} = \frac{30}{10} = 3.0 \text{ mts}$$

7. Carga de fondo ( Kgs/ ML )

$$C. FF / ML = \frac{d^2}{1000} = \frac{76.2^2}{1000} = 5.80 \text{ Kgs/ ML}$$

8. Altura de la Carga de fondo

$$C.Fm = 1.3 \times B \text{ max}$$

$$C.Fm = 1.3 \times 3 = 3.9 \text{ mts}$$

9. Carga de fondo ( Kgs )

$$C.FK = C.Fm \times C.FK/ML$$

$$C.FK = 3.9 \times 5.80 = 22.6 \text{ Kgs}$$

10. Concentración de la carga de columna ( Kgs/ML )

$$C.C.K/ML = ( 0.4 - 0.5 ) \times C.FK/ML$$

$$C.C.K/ML = 0.5 \times 5.80 = 2.9 \text{ Kgs/ML}$$

11. Taco

$$T = E_1$$

$$T = 2.50 \text{ mts}$$

12. Altura de la carga de columna

$$C.Cm = P. B - ( C. FM + T )$$

$$C.Cm = 15.70 - ( 3.9 + 2.50 )$$

$$C.Cm = 9.30 \text{ mts.}$$

13. Carga de columna ( Kgs )

$$C C K = C C m \quad C.C.K/ML$$

$$C C K = 9.30 \times 2.9$$

$$C C K = 26.97 = 27 \text{ Kgs.}$$

14. Carga total ( Kgs )

$$C \text{ tot} = C.F + C.C$$

$$C \text{ tot} = 22.6 + 27 = 49.6 \text{ Kgs}$$

15. Factor de carga ( Kgs/m<sup>3</sup> )

$$F_c = \frac{\text{barrenos/ hilera} \times C. \text{ total/ barreno}}{B_1 \times AC \times AB}$$

$$F_c = \frac{11 \times 49.6}{2.5 \times 14 \times 30} = 0.52 \text{ Kgs/M}^3$$

16. Perforación específica ( ML / M<sup>3</sup> )

$$P_e = \frac{\text{barrenos/hileras} \times \text{profundidad del barreno}}{B_1 \times AC \times AB}$$

$$P_e = \frac{11 \times 15.70}{2.5 \times 14 \times 30} = 0.16 \text{ ML / M}^3$$

Ver resumen tabla # 8

TABLA # 8

RESUMEN DE DATOS.

Altura de la Cara ( mts )	—————→	14.0 mts
Profundidad del Barreno ( mts )	—————→	15.7 mts
Bordo B. ( mts )	—————→	2.50 mts
Espaciamiento E. ( mts )	—————→	3.00 mts
Carga de Fondo C. F.	—————→	22.6 Kgs
	—————→	5.80 Kgs/ ML
Carga de Columna C. C.	—————→	27.0 Kgs
	—————→	2.9 Kgs/ML
Carga Específica Fc	—————→	0.52 Kgs/M <sup>3</sup>
Perforación Especifica P.E.	—————→	0.16 ML/M <sup>3</sup>

## 5.2 Diseño de la Plantilla de Barrenación

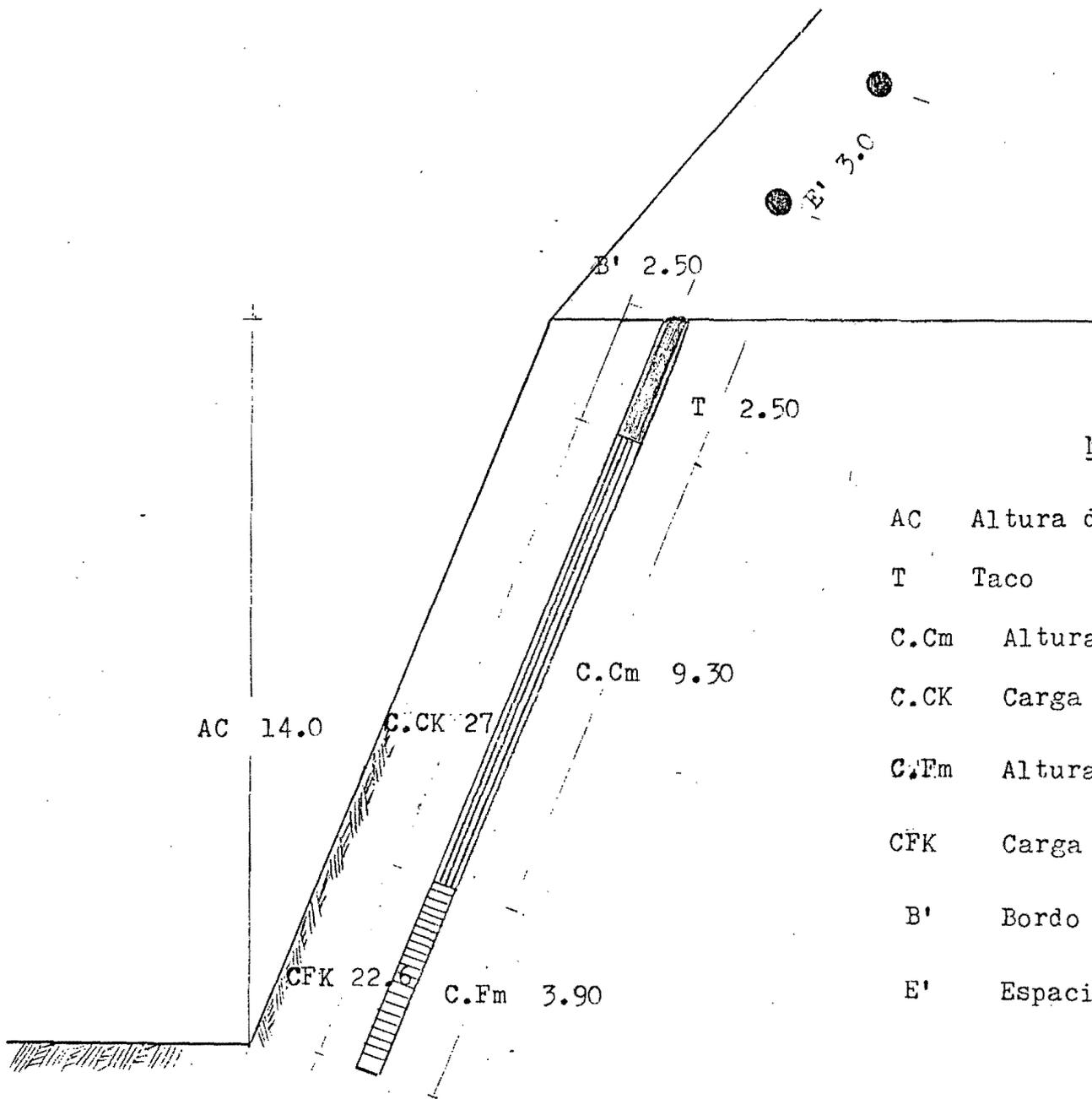
Se usará perforadora sobre orugas " Chicago Pneumatic " modelo G-900 ( Trac Drill ) , broca de 3" de diámetro, rendimiento de 13.50 m/h ; que sera abastecido por compresora portatil " Gardner Denver ", de 600 PCM.

Se diseño, voladuras de hileras múltiples, con retardo M.S. colocados alternadamente en barrenos adyacente y entre hileras para dar un mayor beneficio, en cuanto a fragmentación y evitar la posibilidad de barrenos robados.

Ver fig. # 11 .



DEPA



NOMENCLATURA

- AC    Altura de banco en metros
- T    Taco
- C.Cm    Altura de la carga de columna (metros)
- C.CK    Carga de columna en (kilogramos)
- C.Fm    Altura de la carga de fondo (metros)
- CFK    Carga de fondo en (kilogramos)
- B'    Bordo practico
- E'    Espaciamiento practico

PLANTILLA DE BARRENACION

Frente

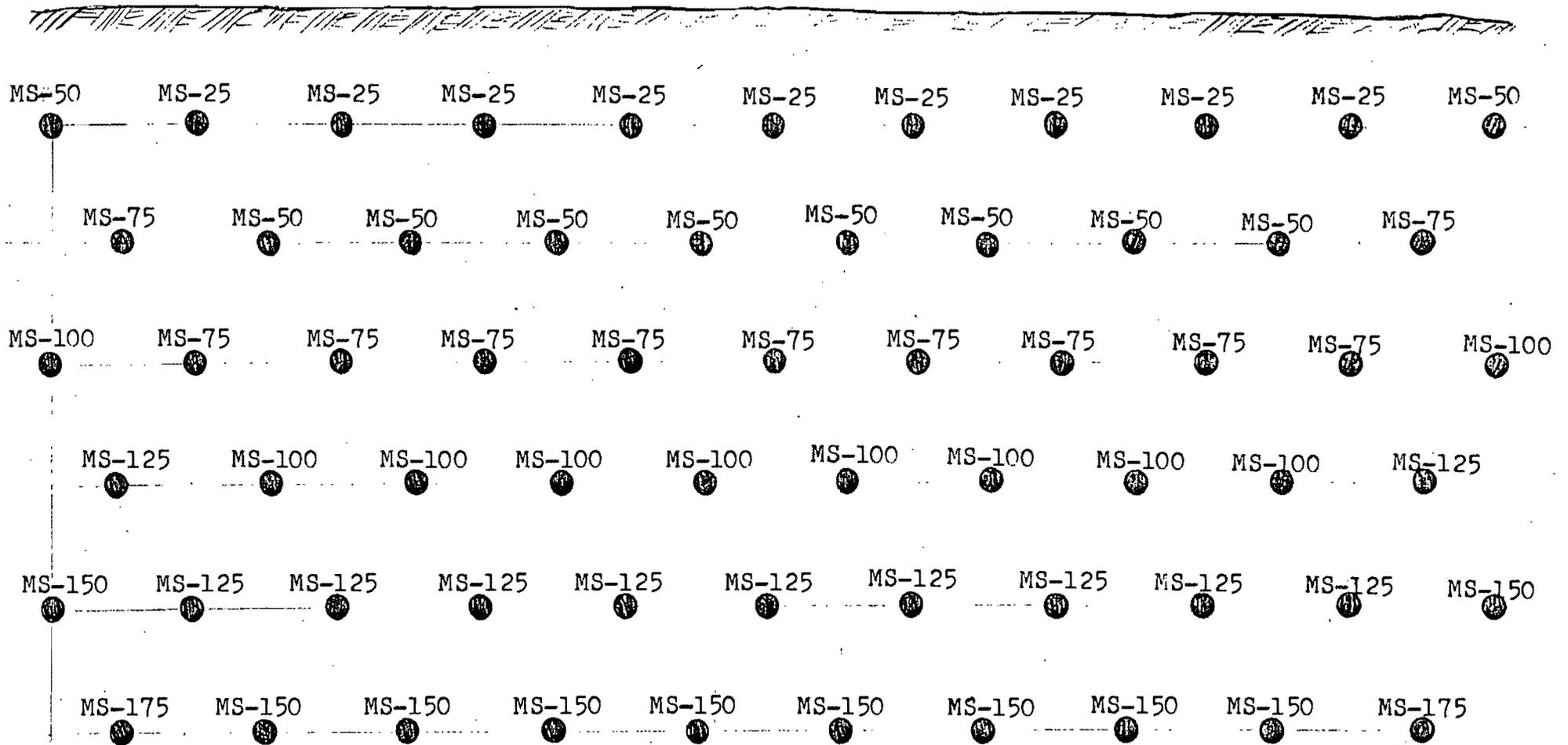


Fig. # 11

## 6. ANÁLISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVAS

### 6.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

### 6.2 PAVIMENTO RIGIDO

#### Análisis de Precios Unitarios:

1. Precio Unitario, por concepto de explotación de equipo considerado  $M^3$  en banco.

a.- Perforación sobre orugas "Chicago Pneumatic", modelo G - 900 , con perforadora 400 D, cuyo cargo horario sera de \$ 541.74/hora efectiva, y rendimiento de 13.5 M/h .

b.- Compresor Portatil "Gardner Denver" de 600 PCM, cuyo cargo horario sera de \$ 369.40/hora efectiva.

Consumo de aire:

Se tendrán los siguientes factores de conexión:

Por Presión \_\_\_\_\_  $K_1 = 1.0$

Por Uso \_\_\_\_\_  $K_2 = 1.05$

Por Diversidad \_\_\_\_\_  $K_3 = 0.95$

Por fugas \_\_\_\_\_  $K_4 = 1.05$

Factor Total =  $1.0 \times 1.05 \times 0.95 \times 1.05 = 1.05$

Consumo de aire del tractor "Tracdrill" sera:

Consumo nominal = 295 PCM

Consumo de aire real =  $295 \times 1.05 = 310$  PCM.

Se utilizara un compresor portatil, Gardner Denver de

600 PCM.

Considerando un factor de rendimiento de 0.75.

a.- Por Perforadora. El precio de la hora máquina se multiplica por el número de barrenación por metro cúbico de roca, dividiendo el producto entre el rendimiento de barrenación.

$$\frac{\$ 541.72/\text{hora} \times 0.16 \text{ M/M}^3}{0.75 \times 13,50 \text{ m/h}} = \$ 8.56/\text{M}^3$$

b.- Por aire comprimido. La hora máquina de la compresora se multiplica por el consumo total de nuestra perforadora y por la barrenación específica, dividiendo el producto resultante entre el producto del rendimiento de la compresora por el rendimiento de la perforadora.

$$\frac{\$ 369.40/\text{h} \times 310 \times 0.16 \text{ M/M}^3}{600 \times 0.75 \times 13.50 \text{ M/h}} = \$ 3.02/\text{M}^3$$

c.- Por acero de barrenación. El precio del acero lo multiplicamos por la barrenación específica, dividiendo el producto entre la vida económica del acero.

La vida índice del acero de barrenación trabajando en roca andesita, sera de 200 metros.

Se utilizarán, barras de 1 1/2" x 3.00 M, cuyo costo por unidad es de \$ 6540.00, se usaran 5,5 tramos de

acero seccional, vida efectiva del acero será:

$$K = \frac{5.3 + 1}{2} = 3.25$$

Vida económica del acero de barrenación

$$\frac{200}{3.25} = 61.54 \text{ mts.}$$

El acero seccional quedará formado por el número de secciones y sus respectivos coples, considerando un cople por cada tramo.

$$\frac{(\$ 6,540.00 + \$ 1050.00) \times 5 \times 0.16}{61.54 \text{ m}} = 98.67 / \text{m}^3$$

Broca de 3":

$$\frac{\$ 6125 \times 0.16}{500} = \$ 1.96 / \text{m}^3$$

$$\text{Total.....} = \$ 100.63 / \text{m}^3$$

d.- Afilación.

Consideraremos un 25% sobre los cargos por acero de barrenación y brocas, por concepto de reafileados y conservación.

$$0.25 \times \$ 100.63 / \text{m}^3 = \$ 25.16 / \text{m}^3$$

e.- Por explosivos y artificios.

Consideraremos la carga específica de 0.52 Kg/m<sup>3</sup>, y adicionalmente, colocaremos un estopín de tiempo en cada barreno. se considerará un 1.75 metros

de alambre de conexión para cada barreno y 1.50 metros de conducción por cada barreno.

El precio de la dinamita "Tovex 700" en cartuchos de 2" x 8", es de \$ 1012/caja de 25 Kg, \$ 1.21/1.25

$$1.21 \times 1.25 = 1.5125$$
$$\$ 1012/25 = \$ 40.48/\text{kg}.$$

$$\$ 40.48/\text{kg} \times 0.52 \text{ Kg}/\text{m}^3 = \$ 21.05/\text{m}^3$$

f.- Artificios.

Precio de los estopines, \$ 3757/cien de estopines y \$ 253/rollo de 100 m de alambre de conducción y \$ 187/rollo de 100 m. de alambre de conexión; por cada barreno, tendremos:

Estopin

$$\$ 37.57/\text{estopin} \times 1.10(\text{manejo}) = \$ 41.33/\text{barreno}$$

Alambre de conducción:

$$\frac{\$ 253 \times 1.10 \times 1.75}{100} = \$ 4.87/\text{barreno}$$

Alambre de conexión

$$\frac{\$ 187 \times 1.1 \times 1.50}{100} = \$ 3.09/\text{barreno}$$

$$\text{Total por artificio.....} \$ 49.29/\text{barreno}$$

Por tanto:

El costo por M<sup>3</sup> será de:

$$(\$ 49.29/\text{barreno}) / 95.38 \text{ m}^3/\text{barreno} = \$ 0.52/\text{m}^3$$

g.- Por Manguera.

Para manguera de 2"  $\varnothing$  y 15.25 mts, para usar en el "Tracdrill", tiene un precio de \$ 11020.00, el cargo por hora de operación por manguera será.

Manguera de 3/4" de diámetro.

$$\frac{\$ 11020 \times 0.675}{1200 \text{ h/año}} = \$ 6.20/\text{hora}$$

Cargo por  $\text{M}^3$  de roca tronada.

$$\frac{\$ 6.20/\text{h} \times 0.16 \text{ M}/\text{M}^3}{0.75 \times 13.50 \text{ M}/\text{h}} = \$ 0.10/\text{M}^3$$

h.- Por Carga, Poblada y tronado.

Las cuadrillas serán las siguientes:

Costos reales de la empresa por turno de 10 horas.

1	poblador.....	\$ 690/turno
1	cargador.....	\$ 668/turno
2	ayudantes.....	\$ 700/turno
	Total.....	\$ 2052/turno

$$\text{Cargo por hora} \quad \frac{\$/\text{turno}}{10\text{h/turno} \times 0.75}$$

$$\frac{\$ 2052/\text{turno}}{10\text{h/turno} \times 0.75} = \$ 274/\text{hora}$$

Rendimiento de la cuadrilla es de 65  $\text{M}^3$ /hora

Cargo por carga, poblado y tronado de explosivos es:

$$\frac{\$ 274/\text{hora}}{65 \text{ M}^3/\text{hora}} = \$ 4.22/\text{M}^3$$

El precio unitario final, sera:

Resumen.

Cargo

Perforadoras.....	\$ 8.56/M <sup>3</sup>
Compresoras.....	\$ 3.02/M <sup>3</sup>
Brocas y acero de barrenación.....	\$ 100.63/M <sup>3</sup>
Afilación.....	\$ 25.16/M <sup>3</sup>
Explosivos.....	\$ 21.05/M <sup>3</sup>
Artificios.....	\$ 0.52/M <sup>3</sup>
Mangueras.....	\$ 0.10/M <sup>3</sup>
Carga, poblado y tronado.....	\$ 4.22/M <sup>3</sup>
Costo directo.....	\$ 163.26/M <sup>3</sup>
30% indirectos.....	\$ 48.98/M <sup>3</sup>
Suma.....	\$ 212.24/M <sup>3</sup>
10% utilidades.....	\$ 21.22/M <sup>3</sup>
Precio Unitario.....	\$ 233.46/M <sup>3</sup>

2. Precio Unitario por concepto de trituración.

Equipo: Planta clasificadora de agregados.

Costo puesta en la obra y montaje.

Precio de adquisición.....	\$ 4,841,200.00
Equipo de bombeo.....	\$ 125,590.92
Tubería.....	\$ 291,274.62
Total.....	\$ 5,258,065.50
Valor de rescate: 10%.....	\$ 525,806.50
Banda.....	\$ 290,262.36
Precio total: sin/banda: .....	\$ 4,967,803.20

Tasa de interes..... 18%

Prima de seguros..... 3%

Vida económica..... 6 años ( 1800 horas/año )

Coeficiente de almacenaje..... 0.08

Factor de mantenimiento..... 1.00

I. Cargos Fijos:

a. depreciación.

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{4,967,803.2 - 525,806.5}{6 \times 1600} = \$ 462.7$$

b. Inversión.

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} \times i = \frac{4,967,803.2 + 525,806.5}{2 \times 1600} \times 0.18 = \$ 309.0$$

b.) Motores Diesel.

Motor Quebradora: Ud - 18A de 124 HP

Factor de Operación: 0.7

HP. de Operación: 86.8 HP. op.

Capacidad del carter: 21.litros

Combustible

Diesel.  $E = 0.20 \times 86.80 \text{ HP} \times \$ 1.40/\text{lbs} = \$ 24.30/\text{horas}$   
otras fuentes.

Gasolina:  $1.0 \text{ lbs} \times \$ 2.83/\text{lbs} = \$ 2.83/\text{horas}$

Lubricante: capacidad del carter C = 21 litros

Cambio de aceite..... t = 100 horas

$$a = \frac{21}{100} + 0.0035 \times 86.8 = 0.52 \text{ lbs/hora}$$

Por tanto  $L = 0.52 \text{ lbs/hora} \times \$ 30.00/\text{lbs} = \$ 15.60/\text{hora}$

---

Total.....  $\$ 42.73/\text{hora}$

c.) Varios, bandas transportadoras , precio: \$ 290262.32

$$\text{Cargo por hora} \frac{\$ 290262.32}{2000} = \$ 145.1/\text{hora}$$

Vida de las bandas 2000 horas.

Quijadas Quebradoras.

2 por año.

$$\frac{\$ 121705.22 \times 2}{1600/\text{hora}} = \$ 76.06/\text{hora}$$

Mallas.

Consumo anual estimado

$$\frac{\$ 328112.4}{1600/\text{hora}} = \dots\dots\dots \$ 205.07/\text{hora}$$

Aspas y Restregadores.

$$\frac{\$ 119634.97}{1600/\text{hora}} = \dots\dots\dots \$ 74.77/\text{hora}$$

Suma consumo por hora..... \$ 628.48/hora.

III. Operación.

Salarios Reales

1 operador.....	\$ 636.59
1 ayudante.....	\$ 552.21
7 peones.....	\$ 2079.00
Total.....	\$ 3267.80

Salario/turno promedio = \$ 3267.80

H = 8 horas x 0.75 ( factor de rendimiento) = 6 horas

$$\text{Operación} = O = \frac{\$}{H} = \frac{\$ 3267.8}{6 \text{ Horas}} = \$ 544.63/\text{hora}$$

Suma operación por hora..... \$ 544.63

Costo directo hora-máquina..... \$ 2496.07/hora.

Precio por M<sup>3</sup> de Grava clasificada.

a. por montaje..... \$ 12/M<sup>3</sup>

b. por clasificación.

El rendimiento, observado en otras instalaciones del mismo tipo, nos dice que es de 30M<sup>3</sup>/hora.

Cargo por M<sup>3</sup>       $\frac{\$ 2496.07/\text{hora}}{30 \text{ M}^3/\text{hora}} = \dots\dots \$ 83.20/\text{M}^3$

c. acarreo al banco de almacenamiento con camión de 6 M<sup>3</sup> ( F 600 ).

Costo horario camión 6 M<sup>3</sup> ( F-600 )

Adquisición..... 505000.00

LLantas ( - ) ..... 35000.00

Valor inicial ( Va ) \$ 470000.00

Valor rescate ( Vr )..... \$ 50500.00 .

tasa de interes ( i )....19%

Prima de seguros (s) .... 3%

Vida económica.....,5 años

horas por año ( Ha )..... 2000 horas/año

Motor: gasolina de 150 HP

Factor operación..... 0.7

Potencia operación..... 105 HP. op.

Coeficiente almacenamiento ( K )... 0.08

Factor mantenimiento ( Q )..... 0.75

I. Cargos Fijos.

a.) Depreciación

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{470000 - 50500}{5 \times 2000} = \$ 41.95$$

b.) Inversión

$$I = \frac{Va - Vr}{2Ha} i = \frac{470000 + 50500}{2 \times 2000} \times 0.19 = \$ 24.72$$

c.) Seguros

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s = \frac{470000 + 50500}{2 \times 2000} \times 0.03 = \$ 3.90$$

d.) Almacenaje

$$A = KD = 0.08 \times 41.95 = \dots \dots \dots \$ 3.36$$

e.) Mantenimiento

$$M = QD = 0.75 \times 41.95 \dots \dots \dots = \$ 31.46$$

---

$$\text{Suma de cargos fijos por hora} \dots \dots \dots = \$ 105.39$$

II. Consumo

a.) Combustible  $E = ePc$

$$\text{Gasolina } E = 0.24 \times 105 \text{ HP. op.} \times \$ 2.83 \text{ lts} = \$ 71.32$$

b.) Lubricantes  $L = aPe$

Capacidad carter.....  $C = 12$  litros

Cambios de aceite.....  $t = 100$  horas

$$a = 12/100 + 0.0030 \times 105 \text{ HP. op.} = 0.44 \text{ litros/hora}$$

$$L = 0.44 \text{ lts/h} \times \$ 36.00/\text{lts} \dots \dots \dots = \$ 13.20$$

c.) Llantas  $LL = \frac{\text{Valor llantas}}{\text{vida económica}}$

Vida económica : 3000 horas

$$LL = \frac{\$ 35000}{3000 \text{ horas}} \dots \dots \dots = \$ 11.67$$

---

$$\text{Suma consumo por hora} \dots \dots \dots = \$ 96.19$$

III. Operación.

$$\text{Salario real operador ( S )} = \$ 510.20$$

Horas por turno - prom: ( H )

$$H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ ( factor rendimiento )} = 6 \text{ horas}$$

$$\therefore \text{operación es igual} = O = \frac{\$}{H} = \frac{\$ 510.20}{6 \text{ horas}} = \$ 85.03$$

$$\text{Suma operación por hora} \dots \dots \dots = \$ 85.03$$

$$\text{Costo directo hora-máquina} \dots \dots \dots = \$ 286.61$$

Tiempo de carga: ..... 0.30 mint  
 ida y vuelta a almacenamiento a 15 Km/h  
 a 200 metros..... 1.60 mint  
 acomodos: ..... 1.50 mint

---

3.40 mint

Número de viajes por hora:  $\frac{60}{3.40} = 17.64$

Capacidad del material en barreno

$$\frac{6}{1.6} = 3.75 \text{ M}^3$$

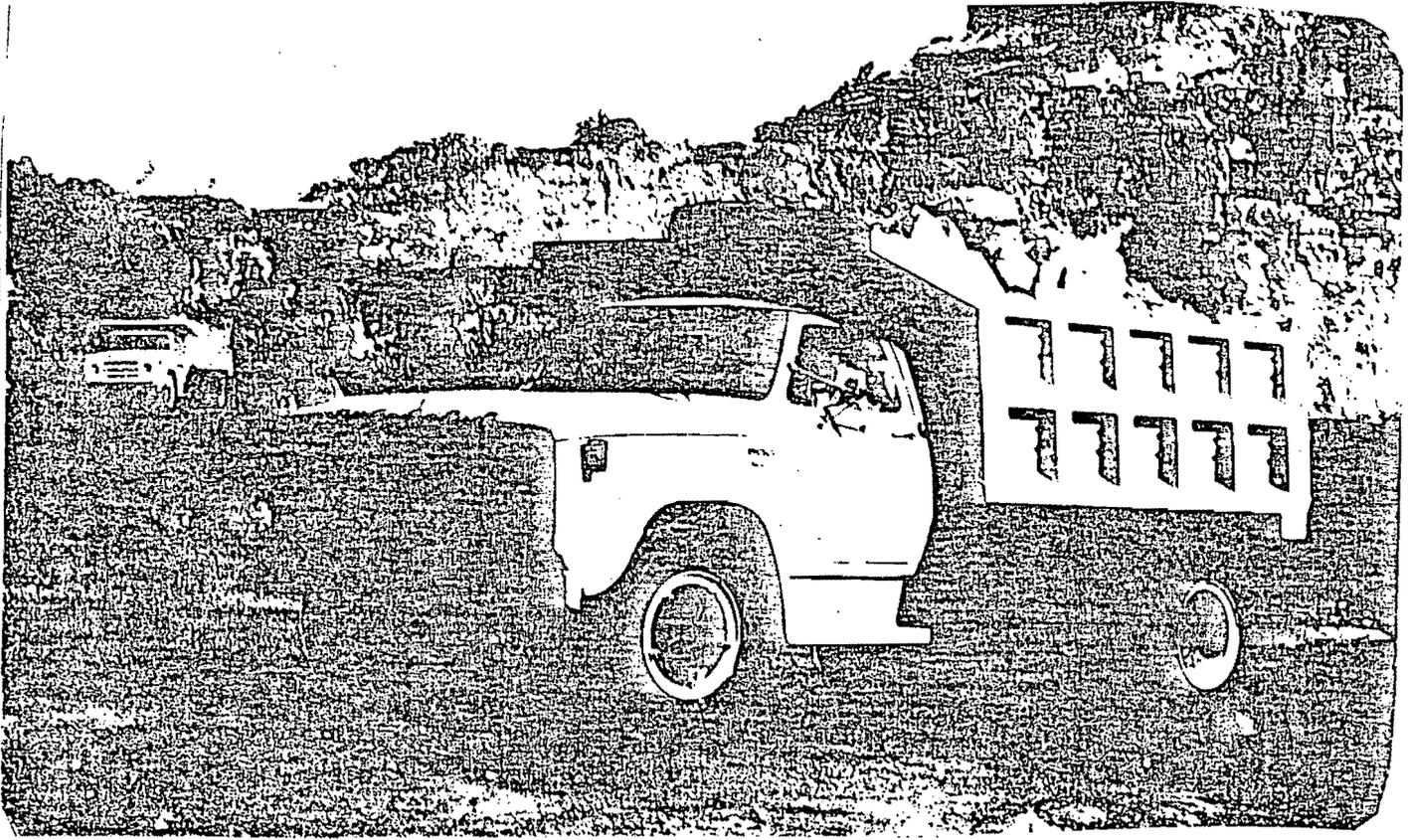
Producción  $3.75 \times 17.64 = 66.15 \text{ M}^3/\text{hora}$

Costo por  $\text{M}^3 = \frac{\text{Costo horario}}{\text{prod. real}} = \frac{286.61}{66.15 \times 0.75} = \$ 5.78/\text{M}^3$

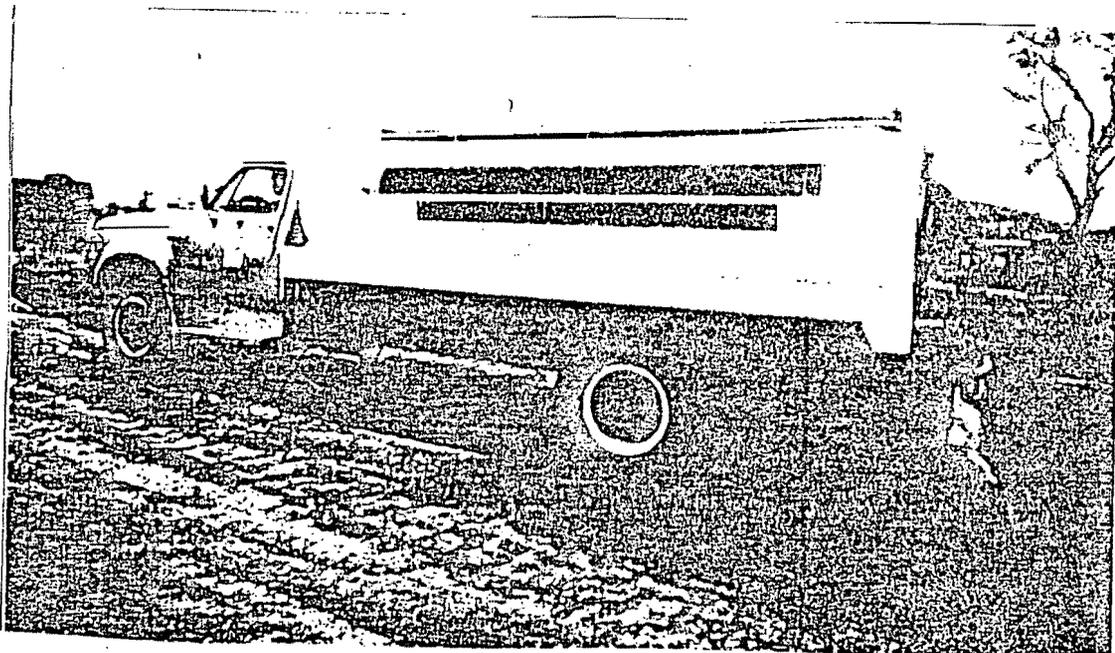
d. manejo de agregados clasificados: ..... \$ 8.00/ $\text{M}^3$

e. desmantelamiento planta: ..... \$ 1.20/ $\text{M}^3$

10% montaje



CAMION VOLTEO, MODELO F-600, 6 m<sup>3</sup> (Cap).



CAMION PIPA, F-600, 8000 Lts. (Cap).

Resumen.

Cargos.

a.- Montaje.....	\$ 12.00/M <sup>3</sup>
b.- Clasificación.....	\$ 83.20/M <sup>3</sup>
c.- Acarreo.....	\$ 5.78/M <sup>3</sup>
d.- Manejo de agregados.....	\$ 8.00/M <sup>3</sup>
e.- Desmantelamiento planta.....	\$ 1.20/M <sup>3</sup>
	<hr/>
Costo directo.....	\$ 110.18/M <sup>3</sup>
30% indirectos.....	\$ 33.05/M <sup>3</sup>
Suma.....	\$ 143.23/M <sup>3</sup>
10% de utilidades.....	\$ 14.32/M <sup>3</sup>
Precio unitario.....	\$ 157.55/M <sup>3</sup>

3. Precio unitario por concepto de carga del material suelto.

Equipo: Cargador frontal modelo 955 L Caterpillar.

Costo horario:

Precio de adquisición.....\$ 2,475,720.00

Valor inicial..... \$ 2,475,720.00

Valor rescate (Vr): 10%

Tasa de interes (i): 18%

Prima de seguros (S): 3%

Vida económica (Ve): 5 años

Horas por año (Ha): 2000 hr/año

Factor operación: 0.70

Potencia operación: 91 HP

Coefficiente almacenamiento (K) : 0.08

Factor de mantenimiento (Q): 1.00

I. Cargos Fijos.

a.) Depreciación.

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2,475,720 - 245,572}{5 \times 2000} = \$ 222.81$$

b.) Inversión.

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} = \frac{2,475,720 + 245,572}{2 \times 2000} \times 0.19 = \$ 129.36$$

c.) Seguros.

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} \times s = \frac{2,475,720 + 245,572}{2 \times 2000} \times 0.03 = \$ 20.42$$

d.) Almacenaje.

$$S = KD = 0.08 \times 222.81 = \dots\dots\dots \$ 17.82$$

e.) Mantenimiento.

$$M = QD = 1 \times 222.81 = \dots\dots\dots \$ 222.81$$

---

$$\text{Suma de cargos fijos} \dots\dots\dots \$ 613.22$$

II. Consumo.

a.) Combustible  $E = ePc$

$$\text{Diesil. } E = 0.20 \times 91 \text{ HP. op.} \times \$ 1.40/\text{lbs} = \$ 25.48$$

b.) Lubricante  $L = aPe$

Capacidad carter:  $C = 18.9$  litros

Cambio de aceite:  $t = 100$  horas

$$a = \frac{18.9}{100} + 0.0035 \times 91 \text{ HP. op.} = 0.51 \text{ lbs/horas}$$

$$L = 0.51 \text{ lbs/hora} \times \$ 30.00/\text{horas} = \$ 15.30$$

$$\text{Suma consumo por hora.....} = \$ 40.78$$

III. Operación.

Salario real (s):  $\$ 506.05$

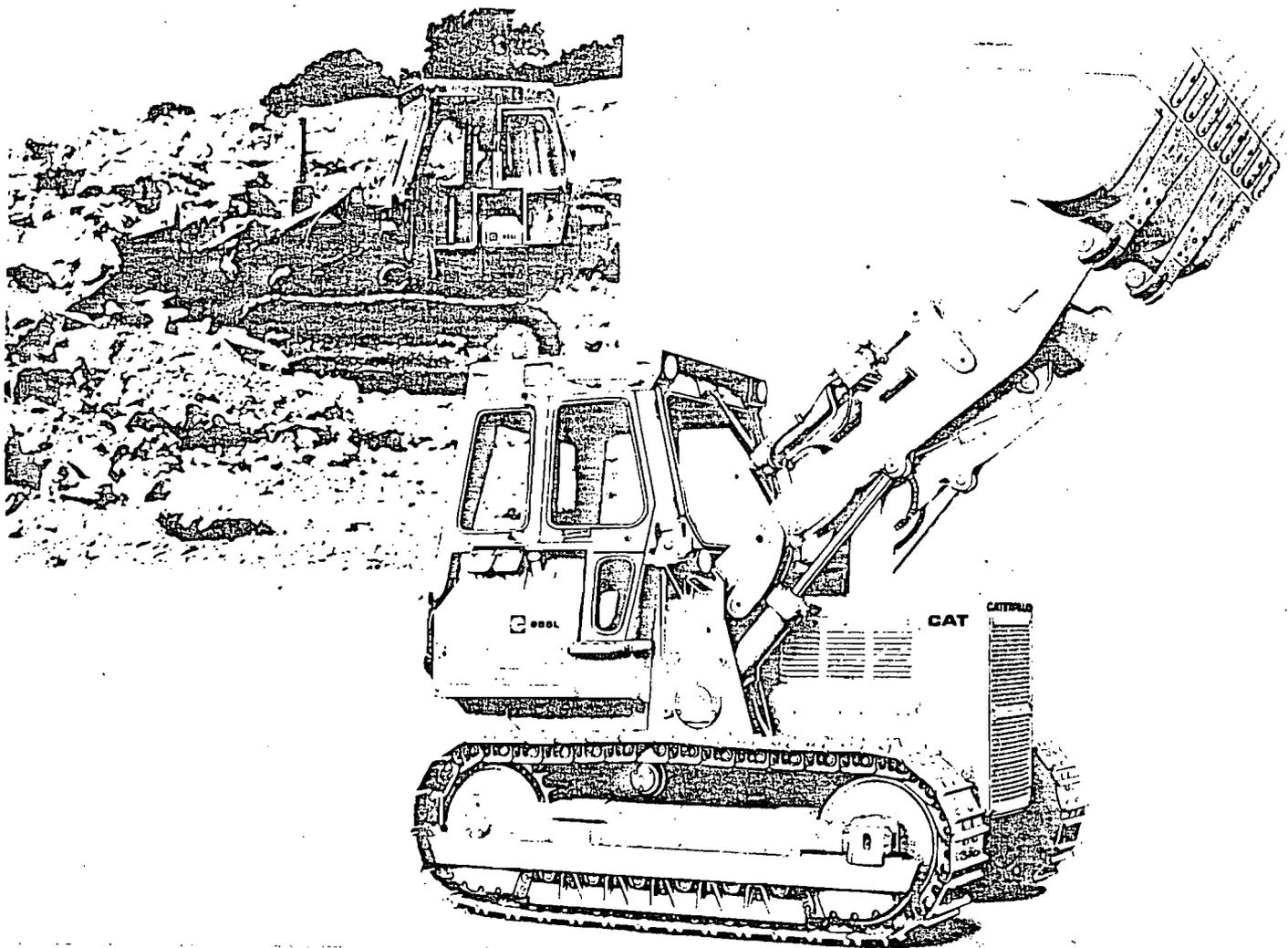
Horas/turno-promedio (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ ( factor rendimiento )} = 6 \text{ horas}$$

$$\therefore \text{operación} = O = \frac{\$}{H} = \frac{\$ 506.05}{6 \text{ horas}} = \$ 84.34$$

$$\text{Suma operación por hora.....} = \$ 84.34$$

$$\text{Costo directo hora-máquina.....} = \$ 738.34$$



Cargador frontal, modelo: 955L Caterpillar, 2 Yd<sup>3</sup>

El rendimiento será:

$$R = \frac{V \times K \times 60}{Ca \times t} \times E$$

R Rendimiento de la máquina, expresado en metros cúbicos por hora, de material medido en banco.

V Capacidad nominal del cucharón de la excavadora, expresado en metros cúbicos.

K Factor de llenado del cucharón, correspondiente al material que se excave.

Ca Factor o coeficiente de abundamiento del material excavado.

t tiempo empleado en realizar un ciclo completo de trabajo, expresado en minutos.

El factor 60 corresponde a los 60 minutos de hora cronológica.

E Factor de rendimiento de trabajo correspondiente a la obra que se trate

Datos:

$$V = 1.76 \text{ M}^3$$

$$K = 0.91$$

$$Ca = 1.60$$

$$t = 1.20 \text{ minutos}$$

$$E = 0.75$$

$$R = \frac{1.76 \times 0.91 \times 0.75 \times 60}{1.6 \times 1.20} = 37.53 \text{ M}^3/\text{hora}$$

Costo por M<sup>3</sup>       $\frac{\$ 738.34/\text{hora}}{37.53 \text{ M}^3/\text{hora}}$        $\$ 19.67/\text{M}^3$

Resumen.

Costo directo.....	$\$ 19.67/\text{M}^3$
30% costo indirecto.....	$\$ 5.30/\text{M}^3$
Suma.....	$\$ 25.57/\text{M}^3$
10% utilidades.....	$\$ 2.56/\text{M}^3$
Precio unitario.....	$\$ 28.13/\text{M}^3$

4. Precio unitario por concepto de acarreo.

Equipo: Camión de volteo, modelo F-600, de 6 M<sup>3</sup> cap.

Costo horario ..... \$ 286.61/hora

( de ejemplo anterior)

Peso específico roca y mal tronada.

Duración del ciclo de ida y regreso durante los 4 Km,  
con pendiente favorable de 4% .

Con estos datos el fabricante recomienda las siguientes velocidades:

de ida máquina cargada: 43.56 Km/hora ( 5a baja )

de regreso máquina vacía: 50.00 Km/hora ( 5a alta )

Velocidades medias: ( 0.65 )

Máquina cargada 28.81 Km/hora

Máquina vacía 32.50 Km/hora

Tiempos:

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Capacidad del vehículo} \times 60 \text{ min/hora}}{\text{rendimiento del equipo cargador/hora}}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{6 \text{ M}^3 \times 60 \text{ min/hora}}{60 \text{ M}^3/\text{hora}} = 6 \text{ minutos}$$

$$\text{Tiempo de recorrido} = \frac{L \times 60}{V \text{ ( m/h )}}$$

$$\text{Máquina cargada} = \frac{4000 \times 60}{30500} = 7.86 \text{ minutos}$$

$$\text{Máquina vacía} = \frac{4000 \times 60}{32500} = 7.38 \text{ minutos}$$

Tiempos fijos..... 1.00 minutos

Total..... 22.24 minutos

$$\# \text{ viajes por hora} = \frac{60}{22.24} = 2.70$$

Capacidad del material en banco

$$\frac{6}{1.6} = 3.75 \text{ M}^3$$

$$\text{Producción} = 2.70 \times 3.75 = 10.12 \text{ M}^3/\text{hora}$$

costo por  $\text{M}^3$  es:

$$= \frac{286.61}{10.12 \times 0.75} = \$ 37.76/\text{M}^3$$

Resumen.

Costo directo.....	\$ 37.76/ $\text{M}^3$
30% costos indirectos...	\$ 11.33/ $\text{M}^3$
suma.....	\$ 49.09/ $\text{M}^3$
10% utilidades.....	\$ 4.91/ $\text{M}^3$
Precio unitario.....	\$ 54.0/ $\text{M}^3$

5. Precio unitario por concepto de compactación ( 95% )

Equipo: Motoconformadora, modelo 120 B caterpillar,  
motor diesel, 125 HP.

Costo horario:

Precio adquisición..... \$ 2,136240.00

LLantas (-) ..... \$ 45144.00

Valor inicial (Va)..... \$ 2,091096.00

Valor rescate (Vr): 10% ..... \$ 213624.00

Tasa de interes (i): 19%.....

Prima seguros ( S ): 3%

Vida económica (Ve): 2000 horas/año

Motor diesel de 125 HP

Factor de operación: 0.7

Potencia de operación: 87.50 HP. op.

Coefficiente de almacenaje (K): 0.08

Factor de mantenimiento (Q): 1.00

I. Cargos Fijos.

a.) Depreciación.

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2,091096 - 213624}{5 \times 2000} = \$ 187.74$$

b.) Inversión.

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} \lambda = \frac{2,091096 + 213624}{2 \times 2000} \times 0.19 = \$ 109.47$$

c.) Seguros.

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s = \frac{2,091,096 + 213,624}{2 \times 2000} \times 0.03 = \$ 17.29$$

d.) Almacenaje.

$$A = KD = 0.08 \times 187.74 \dots \dots \dots = \$ 15.02$$

e.) Mantenimiento.

$$M = QD = 1.0 \times 187.74 \dots \dots \dots = \$ 187.74$$

$$\text{Suma de cargo fijos por hora} \dots \dots \dots = \$ 517.26$$

II. Consumo.

a.) Combustible  $E = ePc$

$$\text{Diesel: } E = 0.20 \times 87.50 \text{ HP. op.} \times \$ 1.40/\text{lbs} = \$ 24.50$$

b.) Lubricante  $L = aPc$

Capacidad del carter:  $C = 21$  litros

Cambio aceite:  $t = 100$  horas

$$a = \frac{21}{100} + 0.0035 \times 87.50 \text{ HP. op.} = 0.52 \text{ lbs/h}$$

$$\therefore L = 0.52 \text{ lbs/hora} \times \$ 30.00/\text{lbs} = \$ 15.60$$

c.) LLantas  $LL = \frac{\text{Valor llanta}}{\text{Vida económica}}$

Vida económica: 3050 horas

$$\therefore LL = \frac{\$ 45144}{3050 \text{ horas}} \dots \dots \dots = \$ 14.80$$

suma consumo por hora..... \$ 54.90

III. Operación

Salario real..... \$ 545.20

Horas/turno-promedio: (H)

H = 8 horas x 0.75 ( factor rendimiento ) = 6 horas

$$\therefore \text{operación} = \frac{\$}{H} = \frac{\$ 545.20}{6 \text{ horas}} = \$ 90.87$$

Suma operación por hora ..... \$ 90.87

Costo directo hora-máquina ..... \$ 663.03

Rendimiento del tendido del material: 689 M<sup>3</sup>/hora

Costo del tendido del material (suelto)

$$\frac{\$ 663.03/\text{hora}}{689.0 \text{ M}^3/\text{hora}} = \$ 0.96/\text{M}^3$$

b. Incorporación de agua.

Equipo: camión pipa, modelo P-600, 8000 lts/capacidad

Costo horario:

Precio adquisición..... \$ 540000.00

LLantas (-)..... \$ 35000.00

Valor inicial (Va) ..... \$ 505000.00

Valor rescate: 10% .....\$ 54000.00

Tasa de interes (i): 19%

Prima de seguros (S): 3%

Vida económica (Ve): 5 años

Horas por año (Ha): 2000 horas/año

Factor operación: 0.7

Potencia operación: 105 HP. op.

Coefficiente de almacenaje (K): 0.08

Factor de mantenimiento (Q): 0.75

I. Cargos Fijos.

a.) Depreciación.

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{505000 - 54000}{5 \times 2000} = \$ 45.10$$

b.) Inversión.

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} \cdot i = \frac{505000 + 54000}{2 \times 2000} \times 0.19 = \$ 26.55$$

c.) Seguros.

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} \cdot s = \frac{505000 + 54000}{2 \times 2000} \times 0.03 = \$ 4.19$$

d.) Almacenaje.

$$A = KD = 0.08 \times 45.10 = \$ 3.61$$

e.) Mantenimiento

$$M = QD = 0.75 \times 45.10 = \$ 33.83$$

$$\text{Suma de cargos fijos por hora.....} = \$ 113.28$$

II. Consumo.

a.) Combustible  $E = ePc$

$$\text{Gasolina} \quad E = 0.24 \times 105 \text{ HP. op.} \times \$ 2.83/\text{lbs} = \$ 71.32$$

b.) Lubricante  $L = aPe$

$$\text{Capacidad del carter} \quad C = 12 \text{ litros}$$

$$\text{Cambio de aceite} \quad t = 100 \text{ horas}$$

$$a = \frac{12}{100} + 0.0035 \times 105 \text{ HP. op.} = 0.49 \text{ lbs/hora}$$

$$L = 0.49 \text{ lbs/h} \times \$ 30.00/\text{lbs} = \$ 14.70$$

c.) LLantas  $LL = \frac{\text{Valor llanta}}{\text{Vida económica}}$

Vida económica: 3500 horas

$$\therefore \frac{\$ 35000}{3500 \text{ horas}} = \dots\dots\dots \$ 10.00$$

$$\text{Suma consumo por hora} \dots\dots\dots = \$ 96.02$$

III. Operación.

Salario real = \$ 510.20

Horas/turno-promedio (H)

H = 8 horas x 0.75 ( factor rendimiento ) = 6 horas

$$\therefore \text{operación} = 0 = \frac{\$}{H} = \frac{\$ 510.20}{6 \text{ horas}} = \$ 85.03$$

Suma operación por hora.....\$ 85.03

Costo directo hora-máquina..... \$ 294.33

Rendimiento: 10.5 M<sup>3</sup>/hora

Costo del agua por M<sup>3</sup>

$$\frac{\$ 294.33/\text{hora}}{10.5 \text{ M}^3/\text{hora}} = \frac{\$ 28.03}{\text{M}^3}$$

Costo de la incorporación de agua: \$ 28.03/M<sup>3</sup> x 0.1 M<sup>3</sup>/M<sup>3</sup>

Agua necesaria para compactación: 100 lts/M<sup>3</sup> = \$ 2.80/M<sup>3</sup>

c. Compactación del material con rodillo vibratorio.

Equipo:

Costos horarios:

Compactador vibratorio CA 25A llantas tracción \$ 511.70

Compactador neumático SP 54 BD \$ 573.62

\$ 1085.32

Rendimiento: 200 M<sup>3</sup>/hora.

Costo de compactación por M<sup>3</sup> de material suelto

$$\frac{\$ 1085.32/\text{hora}}{200 \text{ M}^3/\text{hora} \times 0.75} = \$ 7.24$$

Resumen.

Tendido del material.....	\$ 0.96/M <sup>3</sup>
Incorporación de agua .....	\$ 2.80/M <sup>3</sup>
Compactación .....	\$ 7.24/M <sup>3</sup>
Costo del material suelto.....	\$ 11.00/M <sup>3</sup>
Factor de compactación.....0.80.....	
Costo del M <sup>3</sup> compactado.	
\$ 11.00/M <sup>3</sup> /0.8 .....	\$ 13.75/M <sup>3</sup>
Costo directo.....	\$ 13.75
30% de costo indirecto.....	\$ 4.13/M <sup>3</sup>
Suma.....	\$ 17.88/M <sup>3</sup>
10% de utilidades.....	\$ 1.79/M <sup>3</sup>
Precio unitario.....	\$ 19.67/M <sup>3</sup>

---

6. Precio unitario, por concepto de pavimento de concreto hidráulico, con modulo de consistencia a la tensión de 47 Kg/cm<sup>2</sup>. por unidad de obra terminada.

Agregados.....	\$ 46.07/M <sup>3</sup>
Cemento.....	\$ 601.22/M <sup>3</sup>
Aditivos.....	\$ 31.47/M <sup>3</sup>
Agua.....	\$ 20.28/M <sup>3</sup>
Elaboración .....	\$ 116.39/M <sup>3</sup>
Acarreo.....	\$ 34.71/M <sup>3</sup>
Colocación.....	\$ 73.76/M <sup>3</sup>
Cimbras.....	\$ 56.11/M <sup>3</sup>
Curado.....	\$ 24.53/M <sup>3</sup>
Aserrado.....	\$ 24.37/M <sup>3</sup>
Sello .....	\$ 14.48/M <sup>3</sup>
Juntas asfálticas.....	\$ 2.60/M <sup>3</sup>
Acero.....	\$ 31.47/M <sup>3</sup>
Instalación.....	\$ 86.46/M <sup>3</sup>
Fletes y equipo.....	\$ 30.51/M <sup>3</sup>
Limpieza final.....	\$ 7.02/M <sup>3</sup>
	<hr/>
	\$ 1571.45/M <sup>3</sup>

Costo directo. ....	\$ 1571.45/M <sup>3</sup>
30% de costos indirectos.....	\$ 471.44/M <sup>3</sup>
suma.....	\$ 2042.89/M <sup>3</sup>
10% de utilidades.....	\$ 204.29/M <sup>3</sup>
Precio unitario.....	\$ 2247.18/M <sup>3</sup>

7. precio unitario, por concepto de carpeta de concreto  
asfáltico.

Costo directo.....	\$ 500.00/M <sup>3</sup>
30% indirectos.....	\$ 150.00/M <sup>3</sup>
Suma.....	\$ 650.00/M <sup>3</sup>
10% utilidades.....	\$ 65.00/M <sup>3</sup>
Precio unitario.....	\$ 715.00/M <sup>3</sup>

Resumen de precio unitarios.

Concepto	Precio unitario.
Metros cubicos de explotación en banco.....	\$ 233.46/M <sup>3</sup>
Trituración y acarreo en planta.....	\$ 157.55/M <sup>3</sup>
Carga del material suelto.....	\$ 28.13/M <sup>3</sup>
Acarreo a la obra (4 Km ) .....	\$ 54.00/M <sup>3</sup>
Compactación.....	\$ 19.67/M <sup>3</sup>
Losa de concreto hidráulico (47 kg/cm <sup>2</sup> )	\$ 2247.18/M <sup>3</sup>
Carpeta de concreto asfáltico.....	\$ 715.00/M <sup>3</sup>



ALTERNATIVA PAVIMENTO FLEXIBLE. (1.8 km)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe \$
Limpieza.....	M <sup>2</sup>	27360.00	12.00	328320.00
Sub-base hidráulica compactada de (13.0 cm de espesor....	M <sup>3</sup>	3557.00	492.81	1,752827.00
Base hidráulica compactada de (12.0 cm de espesor).....	M <sup>3</sup>	3283.00	492.81	1,617994.00
carpeta de concreto asfáltico de (12.0 cm de espesor).....	M <sup>3</sup>	3024.00	715.00	2,162160.00
Banqueta (1.5 metro)				
a. guarnición.....	ML	3460.00	216.00	747360.00
b. Compactación (10 cm de espesor).....	M <sup>3</sup>	519.00	492.00	255768.00
c. Losa de concreto de (10 cm de espesor).....	M <sup>3</sup>	519.00	1832.00	950808.00
Banqueta central				
a. guarnición.....	ML	3450.00	216.00	745200.00
b. tierra para siembra y cultivo.....	M <sup>2</sup>	4140.00	320.00	1,324800.00

total..... 9,885237.00

De las alternativas anteriores, se escogio, la alternativa de pavimento flexible, por varios razones como es la facilidad de obtener el producto en el mercado, y la buena administración de la Ciudad de Camargo, Chihuahua, la cual dara el debido mantenimiento cuando lo requiere el pavimento.

Otro de los factores importantes es el financiamiento el cual será obtenido de la siguiente manera:

1.- Administración central de México 50%.....	\$ 4,942618.00
2.- Administración local Ciudad Camargo 35%....	\$ 3,459833.00
3.- Cuota de contribuyentes mediante impuestos 15%.....	\$ 1,482785.50
Total.....	<hr/> \$ 9,885237.00

## 7. SELECCION DE EQUIPO Y PROCESO CONSTRUCTIVO.

Selección de Equipo. La selección de equipo se limita a dos factores importantes son, uno de carácter técnico y otro de carácter económico.

Desde el punto de vista técnico, nos interesara: el volumen por ejecutar y calidad del material. (atacabilidad, propiedades volumetricas, estabilidad, geometria de la excavación.

Desde el punto de vista económico, lo sera: el tipo de empresa, la maquinaria, condiciones de mercado, costos de adquisición, operación y mantenimiento del equipo, precio de reventa.

### 7.1 Selección equipo de barrenación.

La selección básica radica en la máxima economía en los trabajos.

Los factores importantes que afectan la selección de equipo de barrenación son:

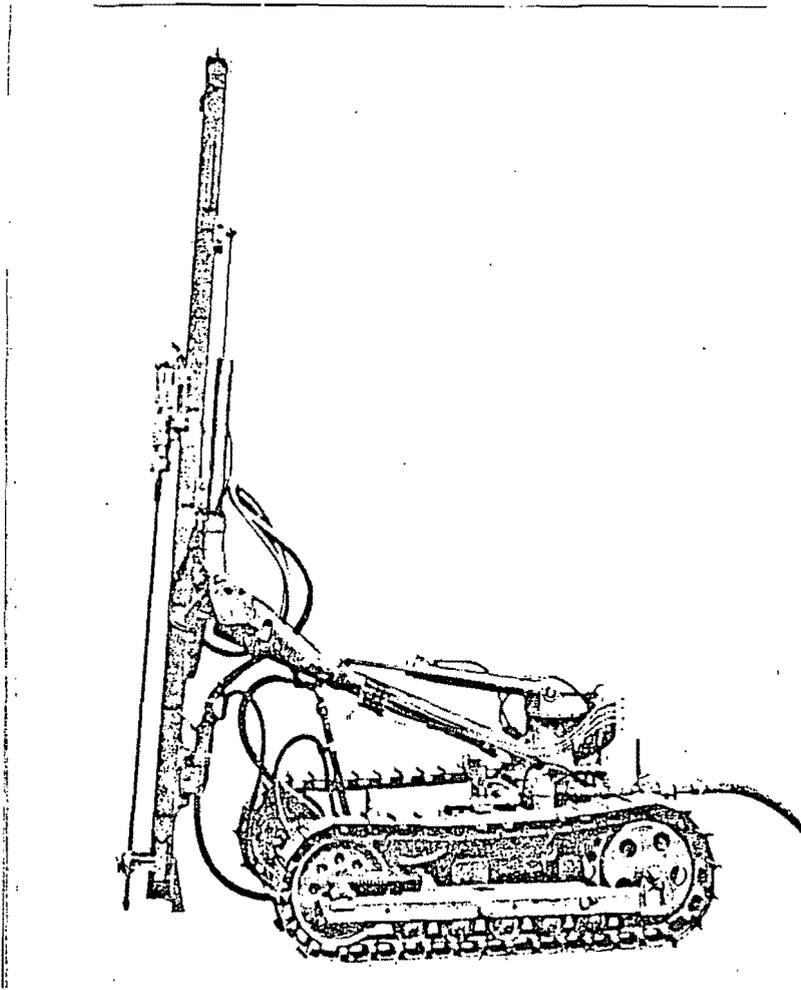
- 7.1.1 Topografía del terreno, osea la accesibilidad a la obra, terrenos escabrosos tendremos que limitarnos a usar perforadoras neumáticas de mano.
- 7.1.2 Profundidad de los barrenos; a mayor profundidad, se usara equipo de mayor peso.
- 7.1.3 La dureza y tenacidad de la roca a perforar.
- 7.1.4 Grado de fracturamiento y de cementación de la roca, del que depende caídos dentro del barreno.

- 7.1.5 Tamaño de la obra, y el volumen que se necesite barrenar.
- 7.1.6 Limitación de especificación de construcción en lo referente a grado de fracturamiento que se desea, limitado por la capacidad de las trituradoras que tenemos. y la calidad de obra que estamos realizando. En nuestro caso especificamos el tamaño adecuado de la fragmentación para luego trasladarla a los trituradores.
- 7.1.7 Disponibilidad de recursos como ser el agua.
- 7.1.8 Lugar donde se realice la barrenación ya sea a cielo abierto como en tuneles, en este último caso conviene que la barrenación se realice con agua para asegurar la salud de los operarios.
- 7.1.9 El porcentaje de barrenación secundaria que resulte económico; o sea el noneo.
- 7.1.10 Capacidad de la máquina excavadora que carga el material tronado.
- 7.1.11 Volumen de roca que será volada con un solo disparo, el diámetro, la carga de explosivos y la separación entre barrenos dependeran de la altura del frente en una cantera o banco de roca a cielo abierto.
- Para el tipo de obra que realizamos, que es de

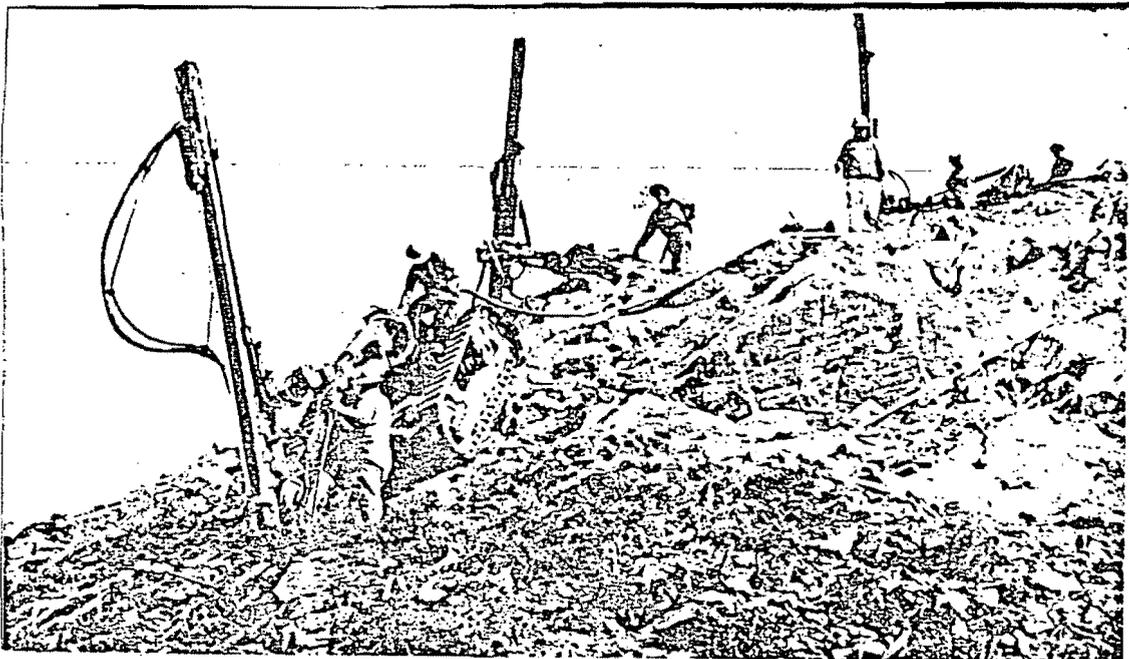
acceso, como de alta perforación, optamos por el equipo que nos resulto más económico que fue la perforadora montada sobre orugas, que consiste en una perforadora del tipo columna ( DRIFTER ) acoplada al aguilón móvil de un auto montado sobre orugas que son propulsadas por medio de motores neumáticos, teniendo cada oruga movimientos independientes para poder dirigir el desplazamiento; en el "Tracdrill" GP-900, la articulación sobre la cual se encuentra apoyado el mastil de perforación es accionado por varios pistones neumáticos que permiten colocar el mastil en muy diversas posiciones para perforar horizontal, vertical, inclinado con respecto al eje del frente de perforación. El "drifters" de estas perforadoras son de los tipos más pesados y se encuentran equipados con un mecanismo de autorotación reversible para facilitar los cambios de acero seccional de barrenación.

Son maquinas pesadas diseñadas para trabajos de barrenación muy profundas a diámetros de 3" o más, maquinas de gran versatilidad debido a los movimientos que les dispensan los pistones neumáticos que accionan a la articulación del mastil de perforación.

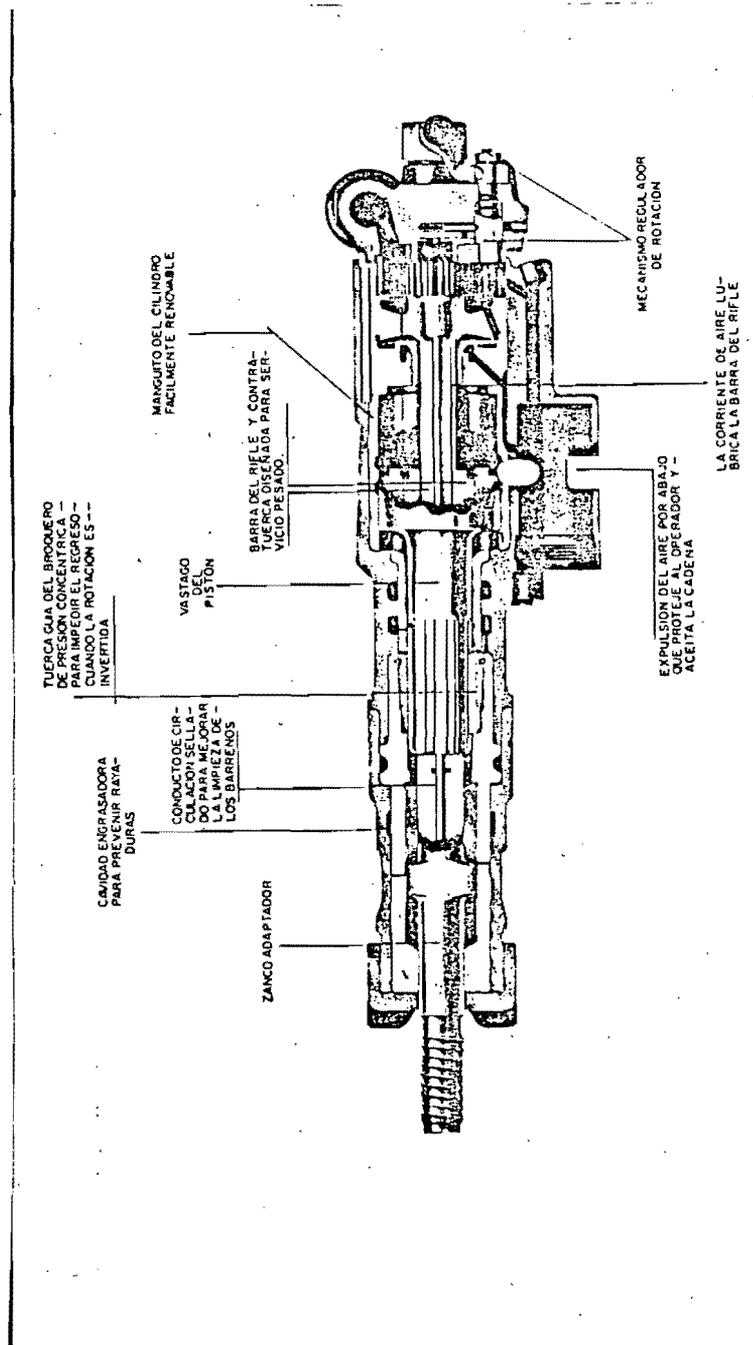
Ver fig. # 12, 13 y 14



PERFORADORA NEUMATICA MONTADA SOBRE ORUGAS, modelo CP-400DR  
Fig. # 12



PERFORADORA MONTADA SOBRE URUGAS, TRABAJANDO A CIELO ABIERTO  
Fig. # 13



Corte longitudinal de una perforadora, modelo CP-400DR Tipo "Drifter", adaptable al "Tracdrill" mod. CP G900. (Chicago Pneumatic).

Fig. # 14

## 7.2 Selección del Equipo de Trituración.

Su objetivo es quebrar por procedimientos mecánicos los fragmentos de roca de que son alimentados, reduciendolos a tamaños de dependen de la abertura o ajuste de descarga de cada máquina, además del tipo de roca, tipo de alimentación y granulometría del material procesado.

En nuestra obra utilizamos planta clasificadora que se encuentra integrada por varias máquinas que trabajan balanceadas entre si, tales como alimentadores mecánicos, transportadores, trituradoras, cribas clasificadoras, tanques lavadores. Para hacer una verdadera selección de una planta clasificadora, se debera conocer la necesidades imperantes en la obra, por que cada obra tiene una metodologia de trabajo diferente.

Para que una planta clasificadora resulte económica es necesario lo siguiente:

- a. Cada una de las máquinas que integran a la obra deberan ser adecuadas a la obra en que serán instalados, teniendo en consideración la clase y cantidad de trabajo que ejecutarán.
- b. No utilizar maquinaria o piezas en la planta, si su operación no es económica.

- c. Se debera tener presente las condiciones topográ-  
ficas del sitio, para utilizar al máximo la ac-  
ción de la gravedad, disminuyendo en gran medida  
la potencia para usar transportadores, elevadores.
- d. Todo el equipo de maquinaria debera ser de capa-  
cidad sobrada con respecto a las necesidades de  
la obra, para que en ningun caso sean sobrecarga-  
dos.
- e. La máquinas deberán ser instaladas en ubicaciones  
y posiciones adecuadas a fin de reducir los movi-  
mientos de materiales.
- f. Los motores que accionán las máquinas de la plan-  
ta deberán ser de sobrada capacidad, calculados  
y distribuidos en tal forma que usando una máqui-  
na interrumpa su trabajo, no afecte a otras máqui-  
nas.
- g. Los lugares de almacenamiento deberán ser ordena-  
dos de tal forma que los materiales mas gruesos  
tengan que transportarse a distancias menores, re-  
duciendo el consumo de energia.

### 7.3 Selección del equipo de compactación.

Podemos definir la compactación, como el proceso de densificar el suelo mediante métodos mecánicos o naturales.

Pero el objetivo óptimo es lograr conseguir el equipo que nos brinde la mayor economia, debera co

Conocer a fondo las características técnicas como económicas, como ser; tipo de materiales, métodos de aplicación, equipo disponible.

La compactación adecuada, o sea el grado de compactación se expresa como un porcentaje del peso volumétrico seco máximo, en nuestro caso el grado de compactación es de 95%.

El grado de compactación será afectado por:

- a. El contenido de humedad.
- b. La naturaleza del material, sus propiedades físicas, granulometría.
- c. La intensidad de las fuerzas compactivas.

La humedad es determinada en laboratorio, por medio del contenido óptimo de humedad, cantidad de agua de la muestra que se obtiene el peso volumétrico máximo expresado como porcentaje del peso seco máximo de la muestra.

La naturaleza del suelo afecta la compactación, como es el caso de suelos granulares.

Las arcillas se compactarán adecuadamente con el contenido óptimo de la humedad, si esta por debajo del contenido óptimo se vuelven secas y difíciles de trabajar, en cambio arriba del contenido óptimo la mezcla se convierte en un verdadero chicle, que dificulta por

- c. Se debera tener presente las condiciones topográficas del sitio, para utilizar al máximo la acción de la gravedad, disminuyendo en gran medida la potencia para usar transportadores, elevadores.
- d. Todo el equipo de maquinaria debera ser de capacidad sobrada con respecto a las necesidades de la obra, para que en ningun caso sean sobrecargados.
- e. La máquinas deberán ser instaladas en ubicaciones y posiciones adecuadas a fin de reducir los movimientos de materiales.
- f. Los motores que accionán las máquinas de la planta deberán ser de sobrada capacidad, calculados y distribuidos en tal forma que usando una máquina interrumpa su trabajo, no afecte a otras máquinas.
- g. Los lugares de almacenamiento deberán ser ordenados de tal forma que los materiales mas gruesos tengan que transportarse a distancias menores, reduciendo el consumo de energia.

### 7.3 Selección del equipo de compactación.

Podemos definir la compactación, como el proceso de densificar el suelo mediante métodos mecánicos o naturales.

Pero el objetivo óptimo es lograr conseguir el equipo que nos brinde la mayor economia, debera co

completo el trabajo.

Los equipos idoneos para el trabajo de compactación es el siguiente, para arcillas usar pata de cabra, ti ne la ventaja de que las piezas salientes que forman las patas de cabra actuan de abajo hacia arriba, siendo de compresión ascendente, en la compactación con rodillo lisos, las particulas de la superficie sufren la mayor presión, transmitiendo en forma secundaria el efecto en las capas inferiores, en cambio para materia les granulares es recomendable usar compactador vibratorio y de un compactador neumático que pueda orillar-se para compactar los hombros del pavimento, las venta jas de usar este sistema combinado es, su bajo costo, menosinterrupción del tránsito y estabilización de e- quipo para compactar.

#### 7.4 Selección de equipo de acarreo.

Debido a las grandes distancias de acarreo ( 4 Ki lometros) resulta antieconómico el uso de cargado res y motoescrapas, por lo que se opto por el uso de camiones. Debido al buen estado de la carrete- ra, desde el banco de prestamo a la obra resulta económico este.

## 7.5 Procedimientos Constructivos.

### 7.5.1 Ease y Sub-base.

La construcción de estas capas se iniciará cuando las terracerías estén terminadas dentro de las tolerancias fijadas.

La descarga de los materiales que se utilicen en su construcción deberá hacerse sobre la subrasante en la forma y en los volúmenes que ordene la Residencia.

Los procedimientos de ejecución así como sus proporcionamientos, serán los siguientes:

- a. Los materiales se mezclarán en seco con objeto de uniformizarlos.
- b. Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener homogeneidad en granulometría y humedad. A continuación se extenderá en una capa de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de 25 cm.
- c. Cuando se emplee otro equipo para el mezclado y tendido, tanto el equipo como el procedimiento de construcción deberán ser previamente aprobados por la Residencia.

d. Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un grado mínimo de 95% respecto a la prueba AASHTO modificada.

Se darán riegos superficiales de agua durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

#### 7.5.2 Riego de Impregnación.

Se procederá al barrido de la superficie por tratar para eliminar todo el material suelto, polvo y materiales extrañas que se encuentren en ella, antes de aplicar el riego de impregnación. El barrido se dará por terminado cuando lo indique la Residencia.

Si la superficie se ha deteriorado o destruido, por no haber sido impregnada a su debido tiempo deberá reacondicionarse para dejarla de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Residencia.

Una vez barrida la superficie por tratar, se procederá a dar el riego de material asfáltico por medio de una petrolizadora aprobada por la Residencia.

Por ningún motivo deberá regarse material asfáltico cuando la base se encuentre mojada.

El riego de material asfáltico deberá hacerse de preferencia en las horas más calurosas del día.

El material asfáltico se aplicará a razón de 1.2 lt/m<sup>2</sup> y podrá ser regado en dos aplicaciones.

La superficie impregnada deberá presentar un aspecto uniforme y el material asfáltico deberá estar firmemente adherido; la penetración de riego deberá ser mayor de 4 mm aunque en algunos casos la Residencia puede aceptar como satisfactoria una penetración menor, siempre que haya buena adherencia entre el material asfáltico y el de la capa cuya superficie se impregnó.

Quando a pesar del barrido se presente una superficie de textura muy cerrada y muy seca, puede darse un riego ligero de agua para desalojar el aire retenido principalmente por las partículas más finas y que impide que la aplicación del riego del material asfáltico sea satisfactoria; se dejará evaporarse este riego de agua casi totalmente y cuando la superficie se observe seca, se dará el riego de impregnación.

Una superficie bien terminada no debe tener depresiones, sin embargo, el material asfáltico regado pudiera llegar a formar charcos; cuando esto

sucedá, el exceso de material asfáltico que se ha ya acumulado en esta forma se quitará por medio de cepillos.

La superficie impregnada de la base deberá cerrarse al tránsito durante las 24 horas siguientes a su terminación o durante el tiempo que juzgue necesario la Residencia.

### 7.5.3 Carpeta de Concreto Asfáltico.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta, la base deberá estar debidamente preparada y limpia de polvo y materias extrañas.

El concreto asfáltico se elaborará, transportará, extenderá y compactará con la maquinaria y con los siguientes lineamientos.

Antes de proceder a la construcción de la base asfáltica, la base hidráulica deberá estar debidamente preparada e impregnada.

El concreto asfáltico se elaborará en plantas estacionarias que deberán constar de:

- a. Secador con inclinación ajustable colocando antes de las cribas clasificadores y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta.

- b. A la salida del secador debe haber un pirografo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.
- c. Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos en dos tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre, en tolvas, material pétreo disponible para la mezcla.
- d. Tolvas para almacenar material pétreo que deben protegerlo de la lluvia y del polvo, con una capacidad tal que asegure la operación de la planta cuando menos durante quince minutos sin ser alimentadas; deberán estar divididas en compartimientos para almacenar, por tamaños, los materiales pétreos.
- e. Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos de preferencia por peso. Los dispositivos deberán permitir un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento, para poder obtener la curva granulométrica de proyecto.
- f. Equipo para calentar en forma controlada el cemento asfáltico, que garantice que éste no será contaminado, provisto de un termómetro con graduación de 20 a 210°C . . . .
- g. Dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de 2% en más o menos

de la cantidad fijada.

h. Mezcladora, equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.

i. Recolector de polvo.

j. Dispositivo para agregar finos.

El material pétreo deberá ser calentado y secado para que la humedad que contenga sea inferior a 1%, antes de introducirlo a la mezcladora. La temperatura del material pétreo deberá estar comprendida entre 120 y 150°C, al salir de la planta de elaboración.

La mezcla asfáltica deberá transportarse en vehículos con caja metálica, cubierta con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto. La superficie interior de la caja deberá estar siempre libre de residuos de mezclas asfálticas.

La mezcla asfáltica deberá tenderse con extendedora de propulsión propia, con dispositivos para ajustar el espesor y el ancho de la mezcla tendida, y dotada de un sistema que permita la repartición uniforme de la mezcla sin que se presenten segregaciones. También deberá contar con un calefactor en la zona de acabado final.

La mezcla deberá vaciarse sobre la caja receptora de la extendedora y ser inmediatamente tendida en el espesor y

ancho fijados en el proyecto. La velocidad de la máquina debe regularse de manera que el tendido siempre sea uniforme en espesor y acabado.

Las juntas de construcción longitudinales, en caso de que el tendido se haga en dos o más fajas, con un intervalo de más de un día entre faja y faja, deberán impregnarse de preferencia con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente faja. Las juntas transversales deberán recortarse aproximadamente a  $45^{\circ}$  antes de iniciar el siguiente tendido y también deberán impregnarse con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido del siguiente tramo. Con frecuencia necesaria deberán limpiarse perfectamente todas aquellas partes de la máquina en que hayan podido quedar residuos de mezcla.

La mezcla asfáltica deberá tenderse a una temperatura mínima de  $110^{\circ}\text{C}$  y no deberá realizarse esta operación bajo condiciones de lluvia o humedad de la base impregnada. Después de tendida la mezcla asfáltica, inmediatamente deberá plancharse uniforme y cuidadosamente por medio de un aplanadora tipo tándem adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla; este planchado deberá efectuarse longitudinalmente a media rueda. A continuación se compactará utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuadas

para alcanzar un mínimo de 95% de peso volumetrico máximo respecto al patrón de compactación Marshall; inmediatamente después se empleará una plancha de rodillo liso adecuada para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas.

Durante la compactación, el rodillo liso tipo tándem o el compactador neumático deberá moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, en las tangentes y del lado interior hacia el exterior, en las curvas.

La temperatura de la mezcla, al iniciarse el acomodo, deberá ser de 100 °C; en general, la compactación deberá terminarse a una temperatura mínima de 70°C.

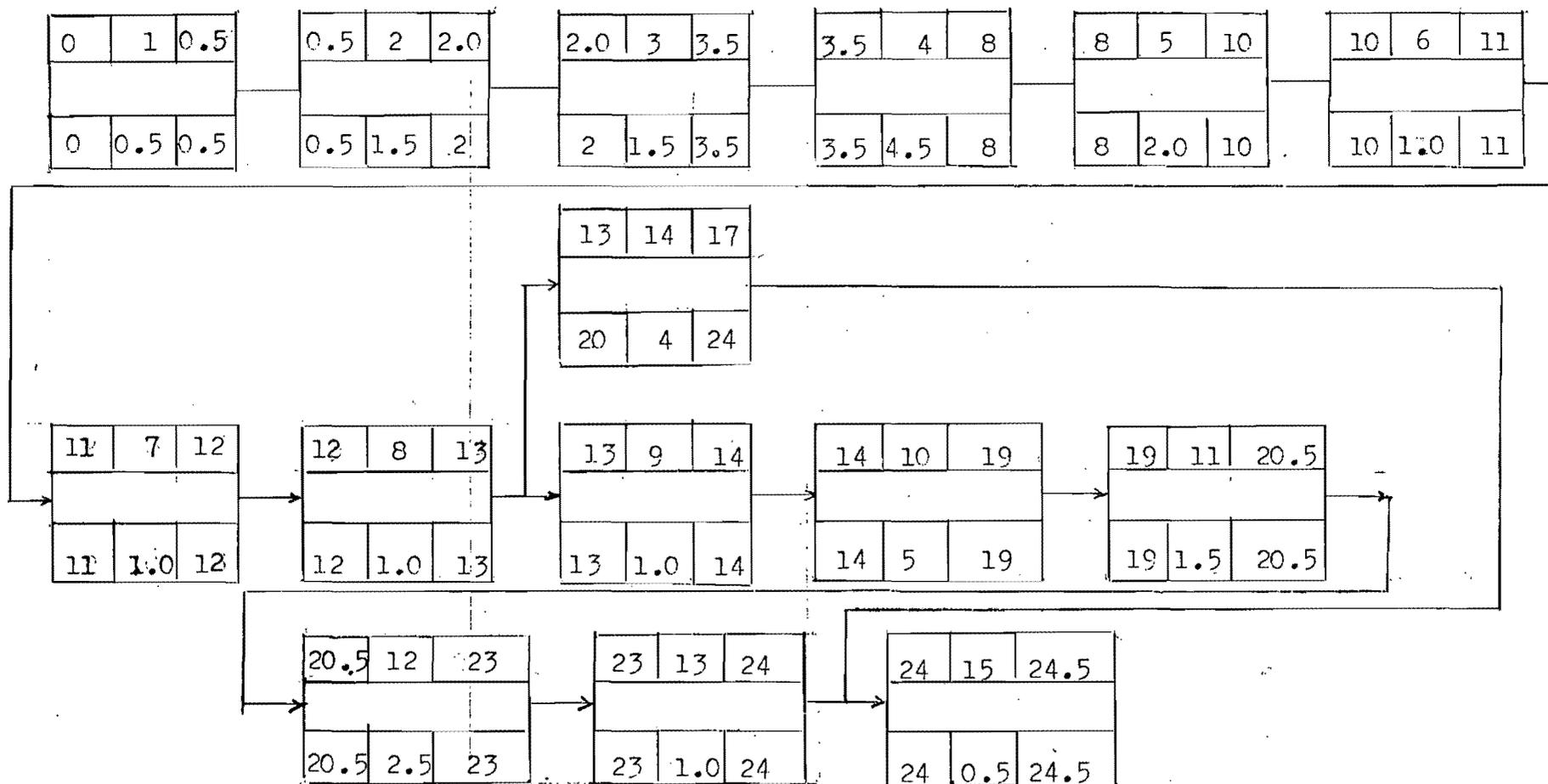
En las orillas de la capa extendida y compactada se formará un chaflán cuya base será igual a vez y media el espesor de la capa; para ello se utilizará mezcla asfáltica adicional colocada inmediatamente después del tendido, o bien, haciendo los ajustes necesarios en los extendedores. El chaflán se compactará con el equipo adecuado.

8. PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.

ACTIVIDAD	Duración semanas	P.I.	P.T.	U.I.	U.T.	Holgura
	1	2	3	4	5	6
1. Limpieza	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0
2. Barrenación	1.5	0.5	2.0	0.5	2.0	0
3. Remoción y carga	1.5	2.0	3.5	2.0	3.5	0
4. Trituración	4.5	3.5	8.0	3.5	8.0	0
5. Acarreo a la obra	2.0	8.0	10.0	8.0	10.0	0
6. Compactación de Sub-base	1.0	10.0	11.0	10.0	11.0	0
7. Compactación de la Base	1.0	11.0	12.0	11.0	12.0	0
8. Barrido	1.0	12.0	13.0	12.0	13.0	0
9. Riego de Impregnación	1.0	13.0	14.0	13.0	14.0	0
10. Elaboración de mezcla asfáltica	5.0	14.0	19.0	14.0	19.0	0
11. Transporte de mezcla	1.5	19.0	20.5	19.0	20.5	0
12. Tendido de la mezcla	2.5	20.5	23.0	20.5	23.0	0
13. Compactación de la mezcla	1.0	23.0	24.0	23.0	24.0	0
14. Colocación de banquetas	4.0	13.0	17.0	20.0	24.0	7
15. Limpieza general	0.5	24.0	24.5	24.0	24.5	0

Holgura total UT - PT

PROGRAMA DE EJECUCION DE OBRA



P.I.	N.A.	P.T.
U.I.	D.A.	U.T.

- P.I. primera fecha de inicio
- P.T. primera fecha de terminación
- U.I. última fecha de inicio
- U.T. última fecha de terminación
- N.A. número de actividad
- D.A. duración de la actividad

ACTIVIDAD

TIEMPO EN SEMANA

