



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
UNIDAD ACATLAN

PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE
LA CARRETERA MONTERREY - LINARES
TRAMO VILLA DE ALLENDE - MONTEMORELOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A

CRESCENCIANO JESUS GUTIERREZ MORENO

ACATLAN, EDO. DE MEXICO, 1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE LA CARRETERA

MONTERREY - LINARES

TRAMO VILLA DE ALLENDE - MONTEMORELOS

I.- ANTECEDENTES.

1.1. Clasificación de las Carreteras.

1.2. Principios de Planeación.

1.2.1. Definición de Planeación.

1.2.2. Necesidad de la Planeación en las carreteras.

1.2.3. Aplicación de la Planeación a la carretera Monterrey -
Linares.

II.- PROCESO CONSTRUCTIVO.

2.1. Producción de Materiales.

2.1.1. Bancos.

a) Ubicación.

b) Exploración (desmonte, despalme, extracción, etc.).

2.1.2. Planta de Trituración.

a) Ubicación.

b) Equipo.

c) Producción.

2.1.3. Planta de Asfalto.

a) Ubicación.

b) Equipo.

c) Producción.

2.2. Terracerías.

2.2.1. Cuerpo.

2.2.2. Sub-base.

2.2.3. Base.

2.3. Carpeta Asfáltica.

2.4. Obras de Arta.

2.4.1. Ubicación.

2.4.2. Tipo.

2.4.3. Dimensiones.

2.5. Desvios.

III.- PROGRAMA GENERAL.

3.1. Actividades y Recursos.

3.1.1. Definición de proceso productivo y su programación.

3.1.2. Diagrama de barras.

3.1.3. Método de la Ruta Crítica y Método PERT.

3.1.4. Aplicación de las técnicas de planeación a la Carretera-
Monterrey - Linares.

IV.- CONCLUSIONES.

I N D I C E D E F I G U R A S

| | PAG. |
|--|------|
| Tabla de Clasificación de las Carreteras. | 14 |
| Tabla de Clasificación de las Carreteras a partir de 1975. | 15 |
| Mapa de la Red Carretera en 1930. | 16 |
| Mapa de la Red Carretera en 1940. | 17 |
| Mapa de la Red Carretera en 1950. | 18 |
| Mapa de la Red Carretera en 1960. | 19 |
| Mapa de la Red Carretera en 1970. | 20 |
| Mapa de la Red Carretera en 1975. | 21 |
| Mapa de la Red Carretera en 1981. | 22 |
| Gráfica de Crecimiento de la Red Carretera entre 1925 y 1975. | 23 |
| Croquis de ubicación de Banco de Materiales. | 28 |
| Diagrama de Equipo Móvil Primario y Secundario de Trituración. | 37 |
| Diagrama de Planta de Asfalto. | 46 |
| Secciones de Proyecto de la Carretera Monterrey-Linares. | 53 |
| Detalles de Guarniciones en Camellones y Banquetas. | 61 |
| Lista de Actividades. | 79 |
| Tabla de Secuencias de las Actividades del Proyecto de la Carretera Monterrey-Linares. | 80 |
| Tabla de Volúmenes de Obra. | 81 |
| Tabla de Rendimientos de Maquinaria. | 82 |
| Diagrama de Barras de Actividades. | 83 |
| Ruta Crítica y Programa de Ejecución. | 89 |
| Diagrama de Barras de Maquinaria. | 90 |
| Diagrama de Barras de Recursos Humanos. | 91 |

I N T R O D U C C I O N

Mucho se ha hablado de la imperiosa necesidad de planear el desarrollo de las obras o proyectos que se pretenden realizar para lograr un cierto beneficio; pero hablar de planeación tiene un significado muy extenso, ya que ésta reúne una serie de elementos o técnicas todas ellas necesarias para aprovechar de la mejor manera los recursos disponibles para llegar a lograr una meta.

El presente trabajo pretende dar una idea general de la aplicación de las técnicas o medios de los que se vale la planeación para efectuar el análisis de un proyecto específico, en este caso "La ampliación a 4 carriles de la carretera Monterrey - Linares, en el tramo Villa de Allende - Montemorelcs".

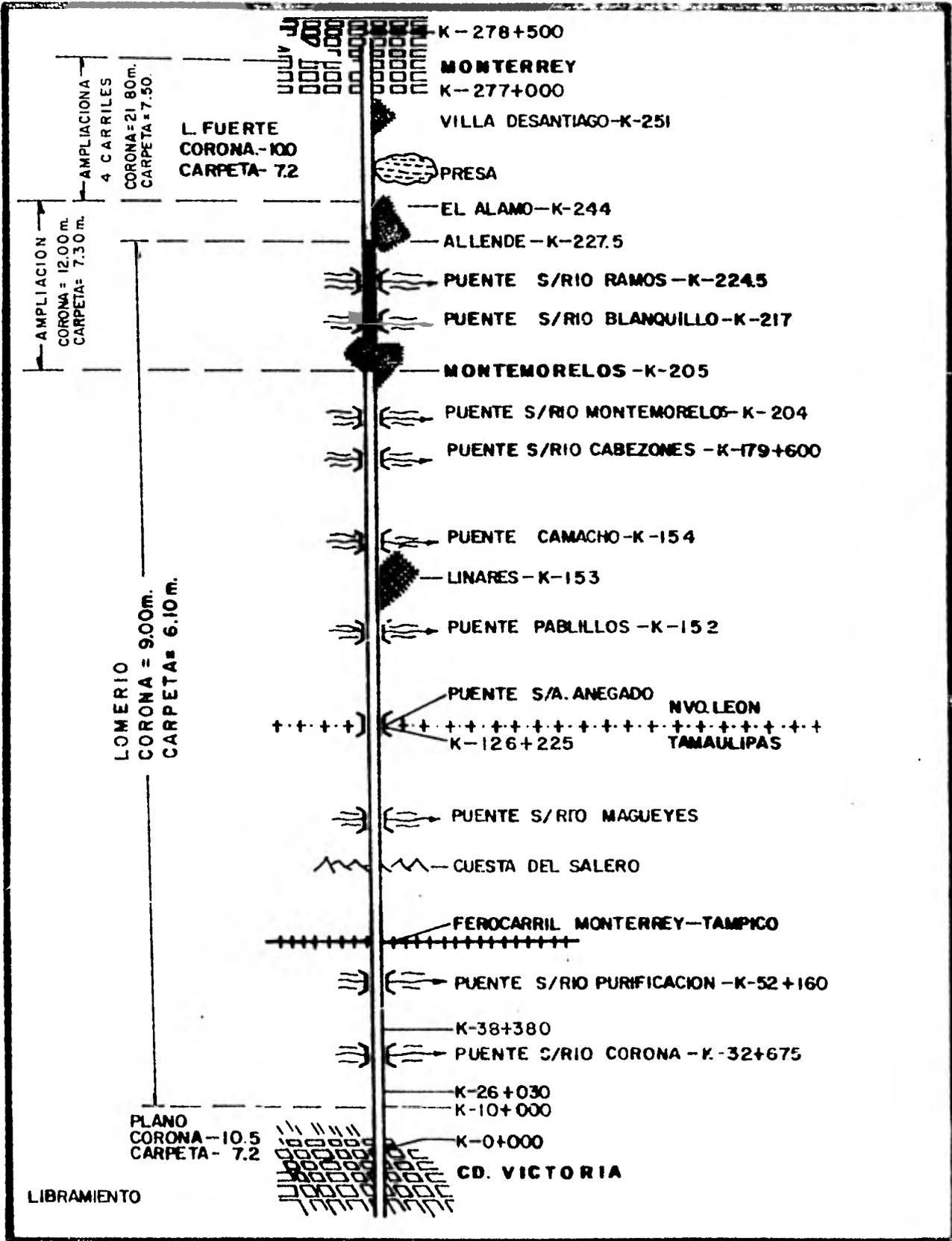
Este trabajo principia haciendo referencia a la clasificación general de las carreteras en el país, dependiendo de su importancia y de sus características de proyecto, así como estadísticas del crecimiento de la red en los últimos años.

Antes de hablar de las técnicas de la planeación se hace referencia de los diversos conceptos que se tienen para definir a ésta, haciendo notar la necesidad que tiene en el desarrollo del sistema carretero general, así como en el caso de la carretera Monterrey - Linares.

Se describe el desarrollo del Proceso Constructivo, con sus respectivas normas y especificaciones de diseño, desde la ubicación y explotación de los bancos para producir los materiales hasta la colocación de la carpeta de rodamiento y los letreros de señales respectivas, empleando los recursos tanto humanos como materiales (maquinaria, materiales, obras de arte, pavimento, etc.), necesarios para lograr el proyecto.

En el capítulo referente al "programa general" se hace una breve des-

cripción de las técnicas o medios de los que se vale la planeación para lo
grar su objetivo. Las técnicas que se describen son: Diagrama de Barras, -
Ruta Crítica y Pert. Para concluir se aplican estas técnicas al proyecto -
de la carretera Monterrey - Linares y se dan algunas conclusiones.



AMPLIACION
4 CARRILES
CORONA = 21.80 m.
CARPETA = 7.50.

AMPLIACION
CORONA = 12.00 m.
CARPETA = 7.30 m.

LOMERIO
CORONA = 9.00 m.
CARPETA = 6.10 m.

PLANO
CORONA = 10.5
CARPETA = 7.2

LIBRAMIENTO

K-278+500

MONTERREY

K-277+000

VILLA DESANTIAGO-K-251

PRESA

EL ALAMO-K-244

ALLENDE-K-227.5

PUENTE S/RIO RAMOS-K-224.5

PUENTE S/RIO BLANQUILLO-K-217

MONTEMORELOS -K-205

PUENTE S/RIO MONTEMORELOS-K-204

PUENTE S/RIO CABEZONES -K-179+600

PUENTE CAMACHO-K-154

LINARES-K-153

PUENTE PABILLOS -K-152

PUENTE S/A. ANEGADO

NVO. LEON

K-126+225

TAMAULIPAS

PUENTE S/RIO MAGUEYES

CUESTA DEL SALERO

FEROCARRIL MONTERREY-TAMPICO

PUENTE S/RIO PURIFICACION -K-52+160

K-38+380

PUENTE S/RIO CORONA -K-32+675

K-26+030

K-10+000

K-0+000

CD. VICTORIA

I. ANTECEDENTES

Principiamos este capítulo con la definición y clasificación de las carreteras desde varios aspectos como son: Tipos de caminos: Especiales, de 1er. Orden o Tipo A, de 2o. Orden o Tipo-B, de 3er. Orden o Tipo C y Tipo brecha. Clasificación Administrativa, de Transitabilidad, de Capacidad, de Inversión y de Financiamiento.

Se dan algunas definiciones de lo que es la Planeación de acuerdo a ciertos autores. Se hace mención de la Planeación como una necesidad para el desarrollo de las carreteras así como en particular para la de Monterrey - Linares, de la cual se dan datos específicos como son localización, infraestructura, descripción de la zona, etc.; así también se dan los datos estadísticos del crecimiento de la red carretera en los últimos años.

1.1. CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS.

Tipos de Carreteras.

Desde el punto de vista del proyecto, se han clasificado los caminos - tomando en cuenta el tránsito que sostendrán y de acuerdo con ésta clasificación se han establecido especificaciones de construcción y calidad para cada uno de ellos y estas dependen fundamentalmente de la velocidad de operación e intensidad del tránsito.

Los caminos se han clasificado en las siguientes clases:

a) Especiales.- Son aquellos caminos que se proyectan en algunos casos para zonas determinadas y cuando se tiene la necesidad imperiosa de movilizar un tránsito demasiado grande como sucede generalmente en el acceso a poblaciones de bastante importancia, o en zonas potencialmente fuertes desde el punto de vista agrícola o industrial. Dentro de este grupo quedan comprendidas las Autopistas, que generalmente son de peaje, es decir, que se cubre una cantidad por transitar sobre

ellas, pero en el caso de nuestro país, queda establecido que para -- que se pueda construir una autopista para peaje, necesariamente debe existir un camino libre por donde se transite y se pueda llegar al -- destino que se toma como punto común de la autopista.

b) De Primer Orden o Tipo A.- Estos caminos siguen en importancia a las autopistas; son construidos generalmente por el Gobierno Federal por conducto de la SAHOP y directamente por la Dirección General de Construcción de Carreteras Federales.

c) De Segundo Orden o Tipo B.-

d) De Tercer Orden o Tipo C.-

e) De Tipo Brecha.-

1.- Clasificación de Transitabilidad.- En general corresponde a etapas de construcción y se dividen en:

a) Camino Pavimentado.- Tratamiento superficial o concreto.

b) Camino Revestido.- Transitable en todo tiempo.

c) Camino de Tierra o en Terracería.- Transitable en tiempo de secas.

2.- Clasificación Administrativa.- Por lo general es independiente de las características técnicas del camino. Hace una división según la Dependencia del gobierno que tiene a su cargo la construcción, conservación u operación como sigue:

a) Camino Federal.- Directamente a cargo de la Federación.

b) Camino Estatal.- A cargo de las Juntas Locales de Caminos.

c) Camino Vecinal.- Construido con la cooperación de los particulares beneficiados.

d) Caminos de Cuota.- A cargo de Caminos y Puentes Federales y Servicios Conexos; la inversión es recuperable a través de cuotas de paso.

3.- Clasificación de Capacidad.- Aunque la capacidad del camino este ampliamente en la clasificación técnica, la práctica popular, que no se adentra en detalles, los divide en:

- a) Autopista (de cuatro o más carriles).
- b) Camino de tres carriles.
- c) Camino de dos carriles.
- d) Brecha.

4.- Clasificación de Inversión.- Los efectos de la inversión son diferentes según el medio económico en que se aplican, es decir, las consecuencias serán muy distintas si la inversión se realiza en una zona con cierto grado de desarrollo, o en otra en la que apenas se inicie un proceso de incorporación a la economía de mercado; por lo tanto tenemos:

- a) Caminos (obras) de Función Social.- Tienen por objeto principal la integración al resto del país, de zonas de escasa potencialidad económica, pero donde existen núcleos de población de cierta importancia. Para contar con un criterio de selección, se ha determinado la relación entre el monto de la inversión y el número de habitantes por servir.
- b) Camino (obras) de Penetración Económica.- Tienen como fin primordial romper la situación de auto-consumo e incorporar zonas potencialmente productivas a la economía de mercado haciéndose que en esas regiones se efectuen inversiones en otros sectores, en diferentes escalas, con el consecuente impacto económico y social para sus habitantes y el beneficio que implica en la economía nacional, la introducción de los productos en la nueva zona. El criterio de selección empleado en este caso, se basa en la productividad de -

la inversión que se calcula a partir de la producción que será -- agregada a la economía nacional mediante la construcción de la -- obra vial considerada.

c) Caminos (obras) para Zonas Desarrolladas.- Tienen como efecto -- principal la reducción de insumos al proporcionar ahorro en los -- costos de transporte, ya sea que este ahorro se obtenga indivi- -- dualmente (caso de los usuarios en las carreteras) o por conducto de una institución (caso de las administraciones ferroviarias) -- siendo la colectividad en todo caso, el sujeto que ahorra. La po- sibilidad de medir con cierta precisión los ahorros obtenidos y -- el conocimiento de sus aumentos en el tiempo, permite utilizar co- mo criterio de selección el Índice de Rentabilidad de la inversión propuesta. Los beneficios directos que estas obras aportan a la -- colectividad son en el caso de carreteras, ahorros en costo de -- tracción, ahorros en tiempo de recorrido y supresión de pérdidas -- motivadas por el posible congestionamiento de las carreteras de -- la región.

$$I: R : \frac{B_0 + B_1 \frac{1}{1+a} + B_2 \frac{1}{(1+a)^2} + \dots + B_n \frac{1}{(1+a)^n}}{C_0 + C_1 \frac{1}{1+a} + C_2 \frac{1}{(1+a)^2} + \dots + C_n \frac{1}{(1+a)^n}}$$

de donde:

I. R. Índice de Rentabilidad.

Bi Beneficio total en el año i

Ci Costo causado por la obra en el año i

a Tasa de actualización, considerada constante en el período estudiado.

5.- Clasificación de Financiamiento:

- a) Cooperación Bipartita.- Financiamiento del 50 % de recursos por -- parte del Gobierno Federal y el otro 50 % por los Gobiernos de los Estados.
- b) Cooperación Tripartita.- Financiamiento del 33 % por la Federación 33 % por los Gobiernos Estatales y 33 % por los particulares interesados.

1.2. PRINCIPIOS DE PLANEACION.

1.2.1. Definición de Planeación.

Siendo la Planeación una de las actividades humanas lógicamente se de fine de diferentes maneras, siendo las principales las siguientes:

La Planeación como técnica, es un medio o instrumento para alcanzar -- como objetivo el desarrollo. La Planeación como finalidad, es la sa-- tisfacción de las necesidades humanas.

La Sociedad Interamericana de Planeación la define como "La aplica-- ción del conocimiento humano al proceso de alcanzar desiciones que -- sirvan como base de la acción humana". Luego la Planeación del desa-- rrollo se hace para los hombres; hombres que voluntaria, mancomunada-- y solidariamente deciden y ordenan las proporciones de su destino.

Francois Perroux dice: "Se planifican los cambios de las estructuras-- mentales y los hábitos sociales, tanto como los cambios instituciona-- les, que permitan el crecimiento del producto real, global y que trans-- formen los progresos particulares en un proceso del todo social".

Para S. Mansholt "La Planeación es parte de la actividad humana, ya -- sea individual o de un grupo de individuos que fijan una meta determi-- nada y que poseen la libertad e inteligencia necesarias para obtener-- la, esto es, la habilidad de hacer sacrificios en aras de algo que --

ellos consideran de mayor importancia que el sacrificio hecho".

Para la SAHOP y en general para nuestro ámbito nacional, Planeación se define como: "El proceso que consiste en el análisis documentado, sistemático, cualitativo y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una cierta situación y el ordenamiento de las acciones (de carácter físico, económico, social y político) que conduzcan a dicho mejoramiento".

1.2.2. Necesidad de la Planeación en las Carreteras.

Mucho se ha hablado de la imperiosa necesidad de planear el desarrollo de los países donde el nivel de bienestar material es bajo, si se compara con el nivel alcanzado ya en los países industrializados. Un gran número de naciones que reúnen a más de la mitad de la población del mundo, se ha dado cuenta de que les es posible alcanzar, aunque con grandes sacrificios, un grado de desarrollo que les permita disfrutar de los últimos adelantos de la civilización, educación, servicios asistenciales, servicios municipales, etc., extendidos a todos los integrantes de una comunidad y no solamente a unos cuantos de sus miembros. Este fenómeno se ha intensificado durante la segunda mitad del presente siglo, debido en gran parte al gran desarrollo de los medios de comunicación.

Parecería simple lógica, el que estas naciones siguieran el camino ya recorrido por los más adelantados, iniciando el proceso con el estímulo a la empresa individual, seguida por la concentración de capitales después del libre juego de la oferta y la demanda y la supuestamente natural conciliación entre las utilidades de las empresas y los intereses colectivos. Pero no se debe olvidar que llevamos una carrera -- contra el tiempo; lo que algunos países, solo unos cuantos, lograron--

en pocos años. Esto se puede solo lograr mediante una definición de objetivos, metas parciales consecutivas, estudio de los recursos disponibles, empleo óptimo de ellos y acción programada, en una palabra, con el empleo de las técnicas de planeación, como un instrumento para proporcionar al hombre una vida digna y decorosa.

Para proporcionar la base del desarrollo económico, se requiere llevar a cabo grandes inversiones en los sectores básicos o de infraestructura puesto que el uso óptimo de los recursos para lograr los objetivos propuestos implica, entre otras cosas, la modificación del medio físico.

La construcción de más caminos a menor costo, ha sido motivo de señalada preocupación durante los últimos años, ya que contribuyen a la elevación y mejor distribución del ingreso; permiten la integración física del territorio nacional y proporcionan a la mayoría de los habitantes la oportunidad de participar en los beneficios del progreso. La red de carreteras alcanza ahora cerca de 190,000 Km. de longitud o sea cien veces más de lo que existía en el año de 1926.

La construcción de carreteras se inició en 1926 y durante los primeros 15 años se registró un crecimiento, en lo que se refiere a la longitud de la red, de 9,900 Kms. De 1941 a la fecha, el ritmo de construcción se ha establecido, en un crecimiento medio anual del orden del 7 % (Mapas 1, 2, 3, 4, 5 y 6).

La aparición del vehículo automotor en volúmenes crecientes, aunada a la gran flexibilidad en su uso y una relativamente fácil adquisición y la necesidad imperiosa de penetrar, en forma rápida a amplias y numerosas regiones para hacer llegar al país enteramente los beneficios que representa el imperio de la ley, la educación y la salubridad, --

así como iniciar la explotación de las zonas de mayor potencialidad económica, explica la acentuada política en materia de construcción de carreteras, dentro de la técnica general del desarrollo del país y como una de las metas por alcanzar.

Importancia de las carreteras en los siguientes aspectos:

Aspecto Político, Social y Administrativo.- 1º La Capital Federal se encuentra ligada por carretera, con las capitales estatales; 2º Enlaces de la Capital Federal con los puertos marítimos y fronterizos; - 3º Ligar las capitales de los Estados y también los puertos marítimos fronterizos.

Aspecto Económico.- Desde el punto de vista económico se hacen necesarios enlaces carreteros entre los polos de concentración y distribución de la producción y los centros consumidores, como son: agrícolas ganaderos, pesqueros, industriales, turísticos y culturales.

1.2.3. Aplicación de la Planeación a la carretera Monterrey - Linares
El acelerado crecimiento que ha experimentado el área metropolitana de la Ciudad de Monterrey, se ha visto reflejado en las corrientes de tránsito que concurren hacia la misma por los diversos accesos carreteros, que le proporcionan comunicación con todas las regiones del territorio nacional.

En este sentido, y por lo que hace a la carretera Monterrey - Linares de 101 Km. de longitud, los volúmenes de tránsito registrados en la misma han causado importantes incrementos en los últimos años, hasta alcanzar en la actualidad tránsitos diarios que rebasan los 7,000 vehículos, especialmente en el tramo Montemorelos - Monterrey, soportando asimismo una composición vehicular de tales características que incide significativamente en el nivel de servicio que ofrece la carretera actual.

Ante tal situación, y consistente con la política establecida para la modernización de la red carretera nacional la SAHOP consideró indispensable planear las acciones conducentes a resolver el problema, mediante la ampliación y modernización de los diferentes tramos que integran la carretera de referencia, otorgándole a cada uno de ellos la prioridad correspondiente en función de los beneficios que reportaría a la colectividad. Es así que, en primer término, a partir de 1973 se llevó a cabo la ampliación del tramo Monterrey - Presa La Boca, con una longitud de 18 Km., y ya se ha programado la inversión que demanda la ampliación a cuatro carriles del tramo Presa La Boca - Allende de 26 Km. de longitud. En secuencia lógica, habrá de considerarse al mejoramiento y modernización de los tramos Allende - Montemorelos y de esta última Ciudad a Linares, acciones que en su conjunto habrán de reflejarse en la plena consolidación económica del corredor en el que se ubica la carretera Monterrey - Linares, al permitir una disminución en el costo de transporte de los insumos producidos en la región que fluyen hacia la parte norte del país y la Ciudad de México. De esta manera se mejoran las condiciones de circulación en el importante eje Monterrey - Tampico, beneficiando así el desarrollo de los centros urbanos que en los últimos años han experimentado incrementos significativos en cuanto a actividades económicas se refiere, como es el caso de Montemorelos y Allende, en cuyas inmediaciones se localizan importantes zonas productoras de naranja, misma que es exportada al vecino país del norte, y de Linares donde se inicia la instalación de plantas industriales, cuya composición orgánica del capital invertido tendrá necesariamente una estrecha vinculación con las establecidas en la zona que comprende a la Ciudad de Monterrey. Esto último co

bra mayor relevancia si se refiere al hecho de que la obra que se analiza, coadyuvará a integrar la zona mencionada a la política nacional de descentralización industrial y redistribución del ingreso.

El impacto que este tipo de obras puede tener en la implantación de una adecuada política de asentamientos humanos, debe considerarse en términos de los programas de mejoramiento de la infraestructura vial que se desarrollan en el mediano y largo plazo.

Es así como esta ampliación se relaciona con todo el mejoramiento de las comunicaciones en el noroeste del país, entre cuyas acciones destacan la construcción del acortamiento Tampico - Ciudad Victoria, la ampliación a cuatro carriles de la carretera Monterrey - Saltillo, el libramiento noroeste de Monterrey y la previsión que se hace para el futuro en cuanto a otras realizaciones.

De acuerdo con la marcada tendencia histórica hacia la concentración de actividades (económicas, industriales, sociales, etc.) en la zona de Monterrey, se sugiere la necesidad de una planeación integral, de la ampliación de la carretera Monterrey - Linares, lo cual propiciará la descentralización de dichas actividades, y coadyuvará al fortalecimiento del corredor industrial existente en su zona de influencia, a su vez, la obra de referencia habrá de incidir en que el flujo de insumos y bienes de consumo final originados en el área, sea drenado con mayor rapidez y ahorro en los costos de operación que ello implica, hacia el norte y centro del país.

Localización Geográfica. - La Carretera Monterrey - Linares de 101 Km. de longitud ubicada en la porción centro occidental del Estado de Nuevo León, en la zona definida por las coordenadas geográficas siguientes: entre los 99° 34' y 100° 20' de longitud oeste y entre los 24° -

50' y 25° 40' de latitud norte. Sirve a los municipios de Monterrey, - Santiago, Allende, Montemorelos, Hualahuises y Linares.

Descripción de la Zona.- El curso de la carretera tiene lugar a través de terreno plano, sobre las inmediaciones de la Sierra Madre - - Oriental cuyas elevaciones en ese tramo, oscilan entre 1,000 y 2,000- m. sobre el nivel del mar. La hidrografía de la región comprende en - las cercanías de Monterrey, al Río San Juan, cuyas afluentes son los Ríos Pilón, Ramos y Molinos. Al sur de la zona, la corriente más im-- portante es el Río Potosí, cuyos tributarios son los Ríos de la Laja, Hualahuises, Camacho, Santa Rosa y Pablillo.

El clima propio de la región es templado moderado con lluvias periódicas e invierno seco; la temperatura media anual es de 25°C y la precipitación pluvial promedio alcanza los 900 mm. anuales. Predominan los suelos chernozem o negro y los de estepa descalcificados con vegeta-- ción compuesta por parrales y por especies de clima templado como son encino, palo blanco, madroño, linaloe, pinón, ailé, etc.

Infraestructura.- La red de comunicación terrestre está formada por : la carretera federal número 85 en sus tramos Monterrey - Nuevo Laredo y Linares - Ciudad Victoria; la carretera federal número 40, tramo -- Saltillo - Reynosa. Para el transporte aéreo se dispone del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Monterrey y de aeropistas en Montemorelos y Linares.

Entre las obras destinadas a la irrigación son de importancia las siguientes : Presa de Almacenamiento La Boca, la cual aprovecha la corriente del Río San Juan y es capaz de contener 40 millones de m³, la Presa Derivadora Los Ochos sobre el río mencionado, beneficiando una superficie de 5907 hectáreas; Presa Derivadora El Chapotal en el cur-

so del Río Pilón, la cual riega 9397 hectáreas; el Canal Montemore--
los - Terán, aprovechando también la corriente del Río Pilón y dos -
obras de almacenamiento denominadas Montemorelos, las que se locali-
zan en el municipio del mismo nombre.

El servicio de energía eléctrica se presta en la zona a 60 ciclos de
frecuencia, surtiendo la energía a 13,200 volts en alta frecuencia y
a 220/127 volts en baja. Se encarga del mismo la Comisión Federal de
Electricidad, valiendose de dos plantas generadoras instaladas en la
Ciudad de Monterrey con capacidad conjunta de 129,000 KW.

RESUMEN:

Este capítulo lo iniciamos con la clasificación de las carreteras --
clasificación que depende de las especificaciones de construcción .--
La clasificación más actualizada es la que corresponde a las caracte-
rísticas de proyecto, las cuales nos llevan a tener: Camino A, cami-
no B, camino C, camino D y camino E.

Definimos a la Planeación como el proceso que consiste en el análi--
sis documentado, sistemático, cualitativo y cuantitativo, como sea -
posible, para el ordenamiento de las acciones de carácter físico, --
económico, social y político que conduzcan al mejoramiento de una si-
tuación. Este proceso de Planeación nos ha permitido obtener el cre-
cimiento actual de la red carretera del país de 1,425 Km. que tenía-
en 1930 a 185,000 Km. en 1975.

En lo que respecta a la necesidad de ampliación de la carretera Mon-
terrey - Linares, podemos decir, que es debida al acelerado creci- -
miento que ha experimentado el área metropolitana de la Ciudad de --
Monterrey, que se ha visto reflejado en las corrientes de tránsito -
que concurren hacia la misma por los diferentes accesos carreteros.-

Esta mejora se reflejará al ser drenado el flujo de insumos y bienes-
de capital final con mayor rapidez y ahorro en los costos de opera-
ción.

| TIPO DE CAMINO | Vel. de Proyecto Km/hr | Vel. de Operación Km/hr | T D P A vehículos | % de Vehículos pesados | T H M A vehículos | Pendiente maxima | SEÑALAMIENTO |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|
| ESPECIALES | 120 | 100 | 3,000 ó más | 50 | 360 ó más | 4 % | Señales metálicas reflejantes |
| De 1º Orden ó TIPO "A" | 70 | 100 | 1,500 a 3,000 | 50 | 180 a 360 | 4 % | |
| De 2º Orden ó TIPO "B" | 60 | 80 | 500 a 1,500 | 50 | 60 a 180 | 4.5 % | |
| De 3º Orden ó TIPO "C" | 50 | 70 | 50 a 500 | 50 | 6 a 60 | 5 % | |
| TIPO BRECHA | | | 50 | 50 | 6 | | |

TDPA: Tránsito diario promedio anual.

THMA: Tránsito horario máximo anual.

| TIPOS DE CLASIFICACION | |
|----------------------------------|---|
| Clasificación de Transitabilidad | Camino Pavimentado. Camino Revestido. Camino de Tierra a en Terracería. |
| Clasificación Administrativa | Camino Federal. Camino Estatal. Camino Vecinal. Camino de Cuota. |
| Clasificación de Capacidad | Autopista. Camino de tres carriles. Camino de dos carriles. Brecha. |
| Clasificación de Inversión | De Función Social. De Penetración Económica. De Zonas Desarrolladas. |
| Clasificación de Financiamiento | De Cooperación Bipartita. De Cooperación Tripartita. |

CLASIFICACION APARTIR DE 1975

| TIPO DE CAMINO | T D P A | Vel. de Proyecto Km / hr | Pendiente maxima |
|----------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| CAMINO A | Mas de 3000 vpd (4 carriles) | 80 — 110 | 3 — 5 % |
| CAMINO B | Hasta 5000 vpd (2 carriles) | 50 — 110 | 4 — 6 % |
| CAMINO C | Hasta 1500 vpd (2 carriles) | 40 — 90 | 4 — 7 % |
| CAMINO D | Hasta 500 vpd (2 carriles) | 30 — 70 | 6 — 12% |
| CAMINO E | Hasta 100 vpd (1 carril) | 30 — 70 | 7 — 13% |

T D P A: Tránsito Diario Promedio Anual.

vpd: Vehículos por Día.

Los caminos A, B y C se emplearán para el sistema troncal y en ellos se esperan vehículos pesados.

Los caminos C, D y E se emplearán para el sistema alimentador y en ellos se esperan vehículos ligeros a medianos.

Mapa N° 1

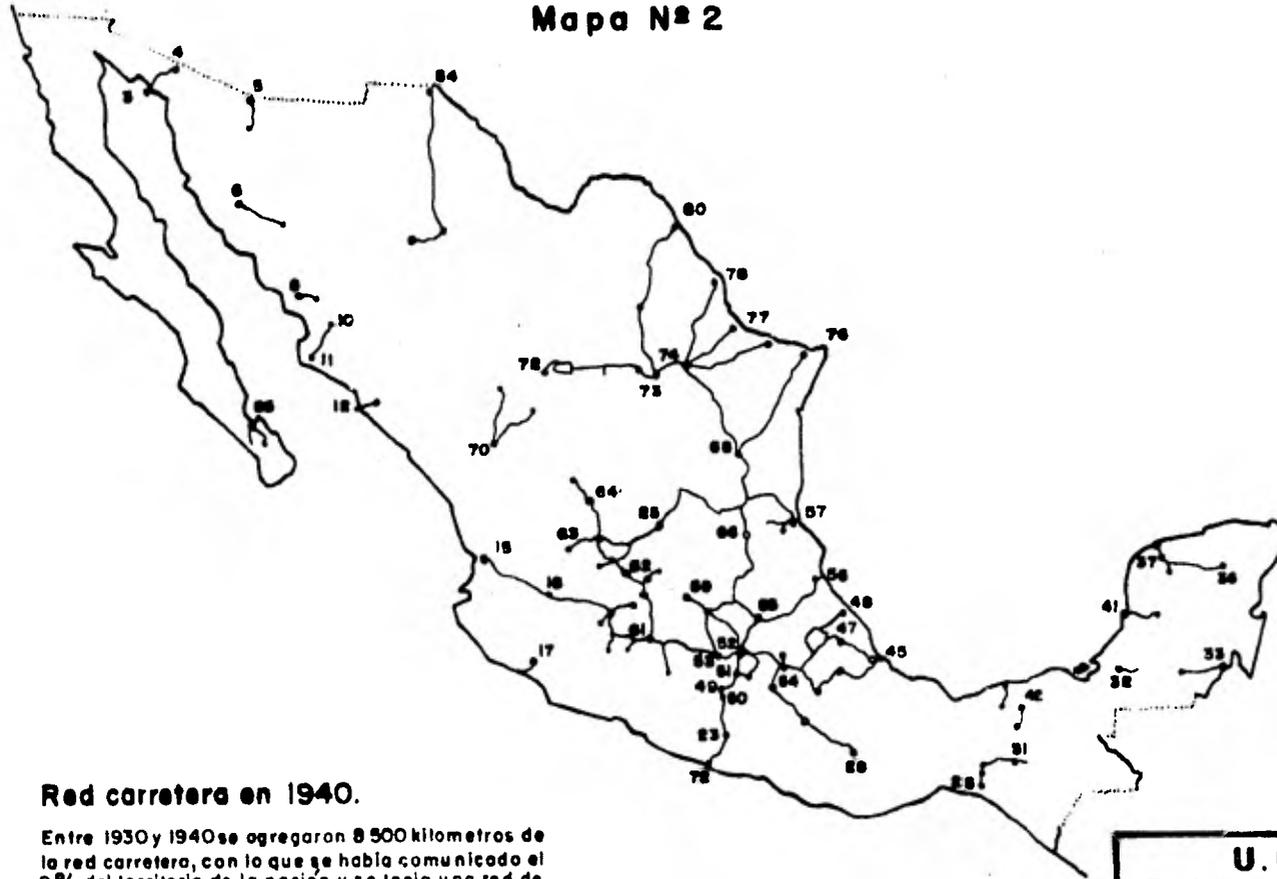


Red carretera en 1930.

La red carretera terminada en 1930 habia integrado al tráfico automovilístico el 1% del territorio del país, al construirse 1 420 kilómetros de carretera.

| |
|-------------------------------------|
| U. N. A. M. |
| E. N. E. P. "ACATLAN" |
| CARRETERA MONTERREY-LINIARES |
| TESIS PROFESIONAL |
| Crescenciano Jesus Gallarrez Moreno |
| México D.F. Nov-1930 |

Mapa N° 2



Red carretera en 1940.

Entre 1930 y 1940 se agregaron 8 500 kilómetros de la red carretera, con lo que se había comunicado el 9% del territorio de la nación y se tenía una red de 10 000 kilómetros.

| |
|-------------------------------------|
| U. N. A. M. |
| E. N. E. P. "ACATLAN" |
| CARRETERA MONTERREY-LINARES |
| TESIS PROFESIONAL |
| Crescenciano Jesus Gutierrez Moreno |
| México D.F. Nov-1981 |

Mapa N° 3

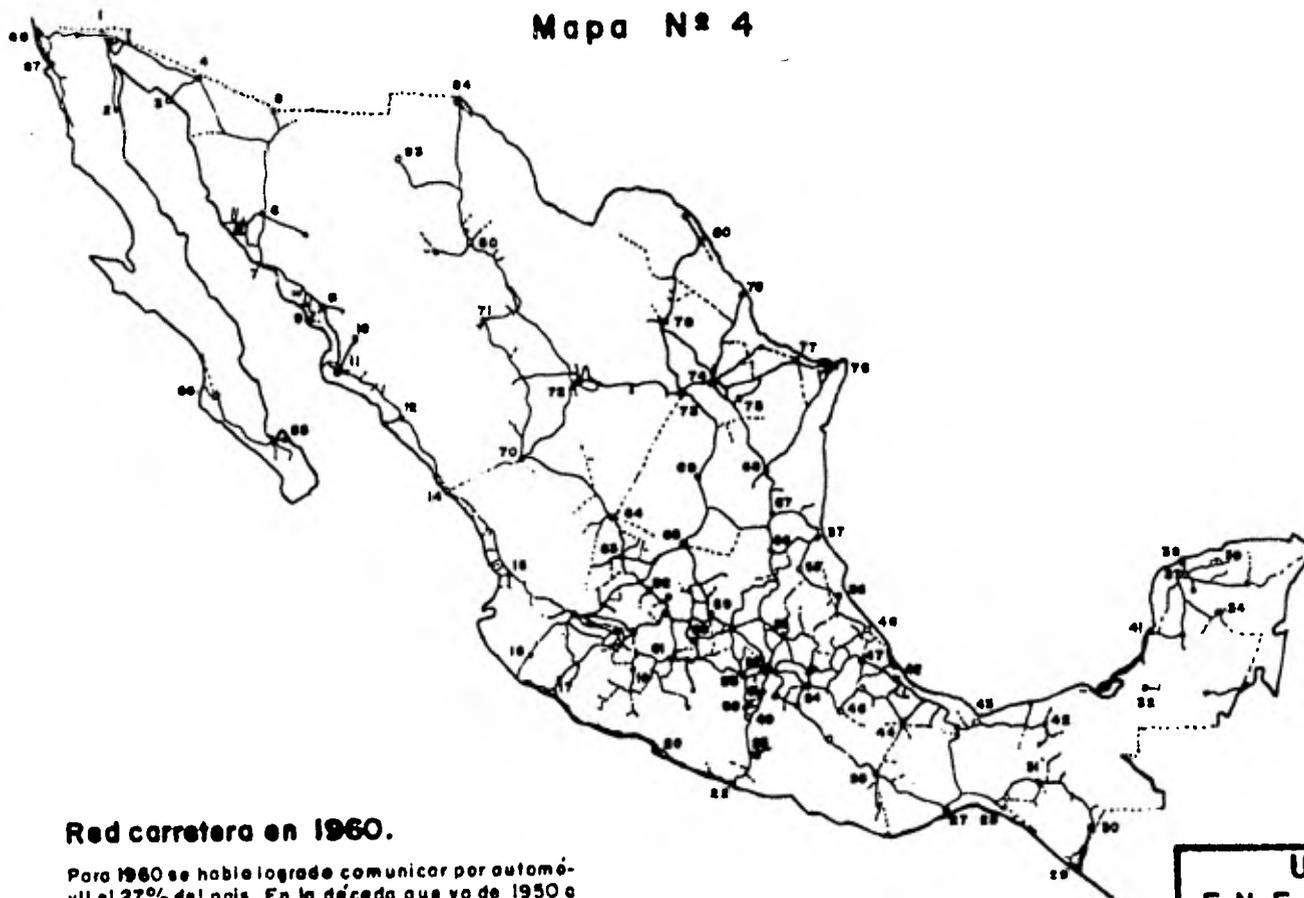


Red carretera en 1950.

Entre 1940 y 1950 se sumaron a la red carretera 12 530 kilómetros, así que para el año de 1950 contábamos con cerca de una quinta parte del territorio vinculada a través de los vehículos automotrices y 22 000 kilómetros de carreteras.

| | |
|-------------------------------------|--|
| U. N. A. M. | |
| E. N. E. P. "ACATLAN" | |
| CARRETERA MONTERREY-LINARES | |
| TESIS PROFESIONAL | |
| Crescenciano Jesus Gutierrez Moreno | |
| México D.F. Nov-1951 | |

Mapa N° 4

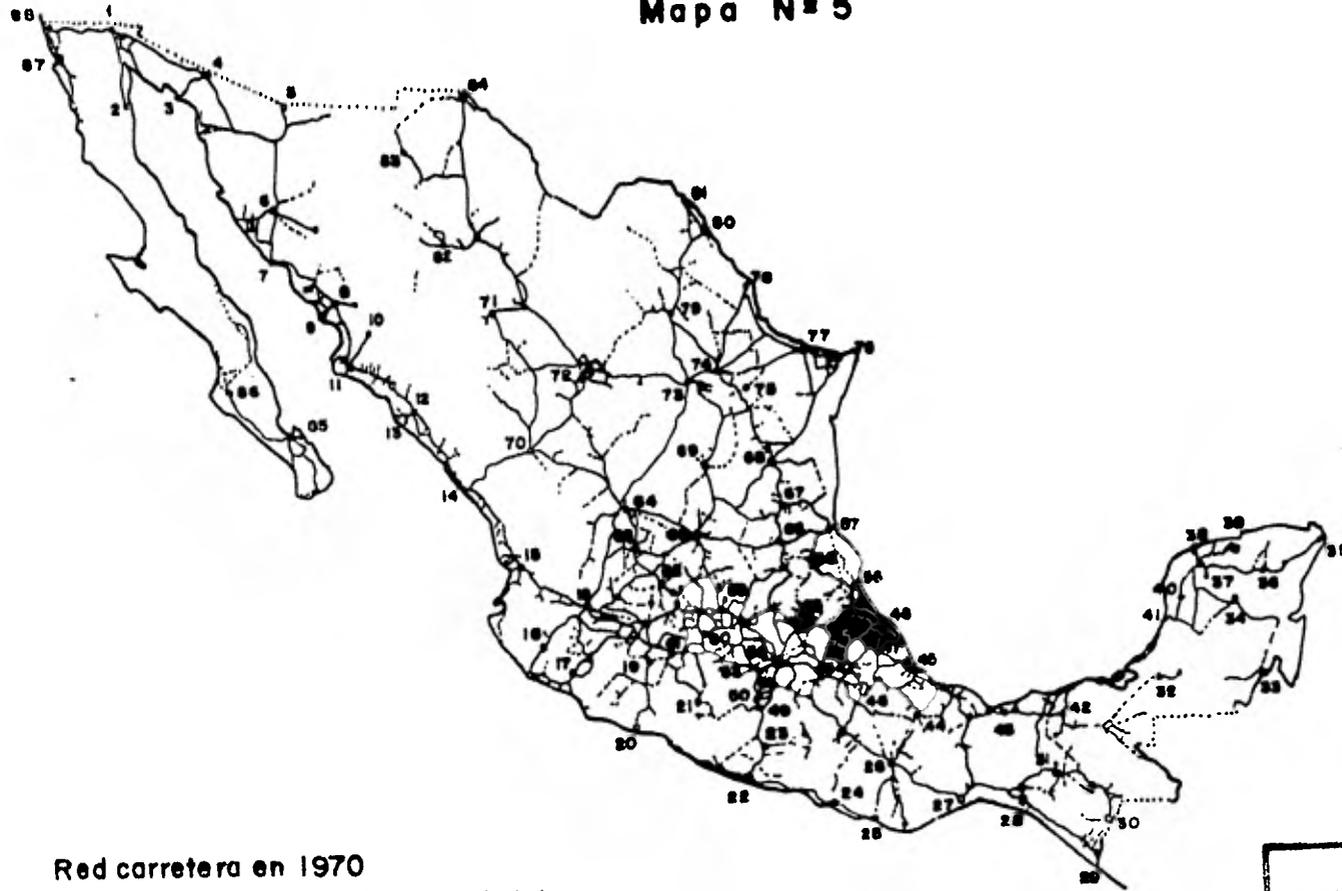


Red carretera en 1960.

Para 1960 se había logrado comunicar por automóvil el 27% del país. En la década que va de 1950 a 1960 se habían agregado a la red 22 500 kilómetros con lo que para 1960 se disponía de una red de 45 000 kilómetros

| | |
|--------------------------------------|--|
| U. N. A. M. | |
| E. N. E. P. "ACATLAN" | |
| CARRETERA MONTERREY - LINARES | |
| TESIS PROFESIONAL | |
| Crescenciano Jesús Gutiérrez Moreno | |
| México D.F. Nov-1961 | |

Mapa N° 5

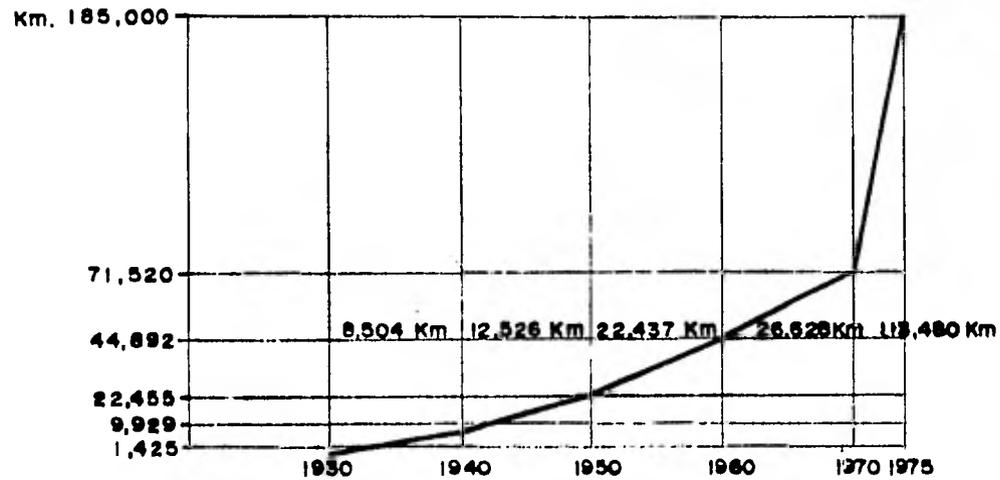


Red carretera en 1970

Para 1970 la red carretera tenía una longitud de 71 520 kilómetros. En la década anterior se habían incorporado 26 630 kilómetros.

| | |
|--------------------------------------|--|
| U. N. A. M. | |
| E. N. E. P. "ACATLAN" | |
| CARRETERA MONTERREY - LIMARES | |
| TESIS PROFESIONAL | |
| Crescenciano Jesus Gutierrez Moreno. | |
| México D.F. Nov - 1981 | |

CRECIMIENTO DE LA RED CARRETERA ENTRE 1925 Y 1975



| |
|--------------------------------------|
| U. N. A. M. |
| E. N. E. P. "ACATLAN" |
| CARRETERA MONTERREY - LINARES |
| TESIS PROFESIONAL |
| Crescenciano Jesus Gutierrez Moreno |
| México D.F. Nov - 1981 |

- 1.- Mexicali
- 2.- San Felipe
- 3.- Punta Peñasco
- 4.- Soncita
- 5.- Nogales
- 6.- Hermosillo
- 7.- Guaymas
- 8.- Novojoa
- 9.- Huatabampo
- 10.- El Fuerte
- 11.- Los Mochis
- 12.- Culiacán
- 13.- Altata
- 14.- Mazatlán
- 15.- Tepic
- 16.- Autlán
- 17.- Colima
- 18.- Guadalajara
- 19.- Uruapan
- 20.- Zihuatanejo
- 21.- Huetamo
- 22.- Acapulco
- 23.- Chilpancingo
- 24.- Pinotepa Nacional
- 25.- Puerto Escondido
- 26.- Oaxaca
- 27.- Salina Cruz
- 28.- Arriaga
- 29.- Tapachula
- 30.- Cd. Cuauhtémoc
- 31.- Tuxtla Gutiérrez
- 32.- Fco. Escárcega
- 33.- Chetumal
- 34.- Peto
- 35.- Pto. Juárez
- 36.- Valladolid
- 37.- Mérida
- 38.- Progreso
- 39.- Buetzotz
- 40.- Calkini
- 41.- Campeche
- 42.- Villahermosa
- 43.- Coatzacoalcos
- 44.- Tuxtepec
- 45.- Veracruz
- 46.- Orizaba
- 47.- Jalapa
- 48.- Nautla
- 49.- Iguala
- 50.- Taxco
- 51.- Cuernavaca
- 52.- Distrito Federal
- 53.- Toluca
- 54.- Puebla

- 55.- Pachuca
- 56.- Tuxpan
- 57.- Tampico
- 58.- Tempoal
- 59.- Querétaro
- 60.- Acámbaro
- 61.- Morelia
- 62.- León
- 63.- Aguascalientes
- 64.- Zacatecas
- 65.- San Luis Potosí
- 66.- Cd. Valles
- 67.- Cd. Monte
- 68.- Cd. Victoria
- 69.- Matehuala
- 70.- Durango
- 71.- Parral
- 72.- Torreón
- 73.- Saltillo
- 74.- Monterrey
- 75.- Montemorelos
- 76.- Matamoros
- 77.- Reynosa
- 78.- Nuevo Laredo
- 79.- Monclova
- 80.- Piedras Negras
- 81.- Cd. Acuña
- 82.- Chihuahua
- 83.- Nvo. Casas Grandes
- 84.- Cd. Juárez
- 85.- La Paz
- 86.- V. Constitución
- 87.- Ensenada
- 88.- Tijuana
- 89.- Guanajuato
- 90.- Huajuapán
- 91.- Irapuato
- 92.- Córdoba
- 93.- Tlaxcala
- 94.- Cuautla
- 95.- Acayucan

II. PROCESO CONSTRUCTIVO

En este capítulo se habla ya en sí de la primera etapa del proceso constructivo, del problema específico de la carretera Monterrey - Linares, que consiste en la producción de los materiales. Se hace referencia a la ubicación de los bancos, de sus volúmenes por extraer y de las técnicas y maquinaria adecuadas para obtener estos materiales. En segunda instancia se hace mención de la maquinaria mínima necesaria y adecuada para el tratamiento de los materiales, así como de un diagrama representativo del flujo de materiales a través de éste. Se habla de las características que deben satisfacer los agregados para poder lograr el proceso de elaboración del concreto asfáltico; además se describen los pasos de este proceso.

Por otro lado se hace una descripción de las especificaciones recomendadas por la SAHOP para la construcción de las partes componentes de las terracerías y del pavimento (cuerpo del terraplén, sub-base, base y carpeta de rodamiento).

También se hace mención de las obras de arte necesarias por construir para lograr resolver los problemas de cruce con arroyos o simplemente para el drenado de los escurrimientos sobre la carpeta, indicando su ubicación, tipo y dimensiones. Se dan algunas especificaciones para efectuar los desvíos del tránsito, tratando de mantener su fluidez y continuidad.

2.1. PRODUCCION DE MATERIALES.

2.1.1. Bancos

- a) Ubicación.- La ubicación de los bancos para obtener el material (piedra, grava, arena y agua) necesarios para la construcción de las obras, deberán cumplir con las especificaciones propuestas por la SAHOP, en cuanto a su calidad, granulometría, sanidad, resistencia, etc. Si por alguna razón no son aceptados los bancos que se

proponen, será necesario extraer los materiales de alguno o algunos bancos distintos a los inicialmente considerados.

Para la construcción de las terracerías, tenemos los siguientes bancos:

- Banco No. 1 a 500 m a la izquierda de la estación 204 + 400.
- Banco No. 2 a 400 m a la izquierda de la estación 207 + 900.
- Banco No. 3 a 40 m a la izquierda de la estación 210 + 700.
- Banco No. 4 a 70 m a la izquierda de la estación 211 + 600.
- Banco No. 5 a 130 m a la izquierda de la estación 213 + 300.
- Banco No. 6 a 120 m a la derecha de la estación 217 + 200.
- Banco No. 7 en la estación 217 + 700, sin desviación.
- Banco No. 8 a 70 m a la izquierda de la estación 218 + 500.
- Banco No. 9 a 3000 m a la izquierda de la estación 225 + 500.

Para la construcción de pavimento, tenemos:

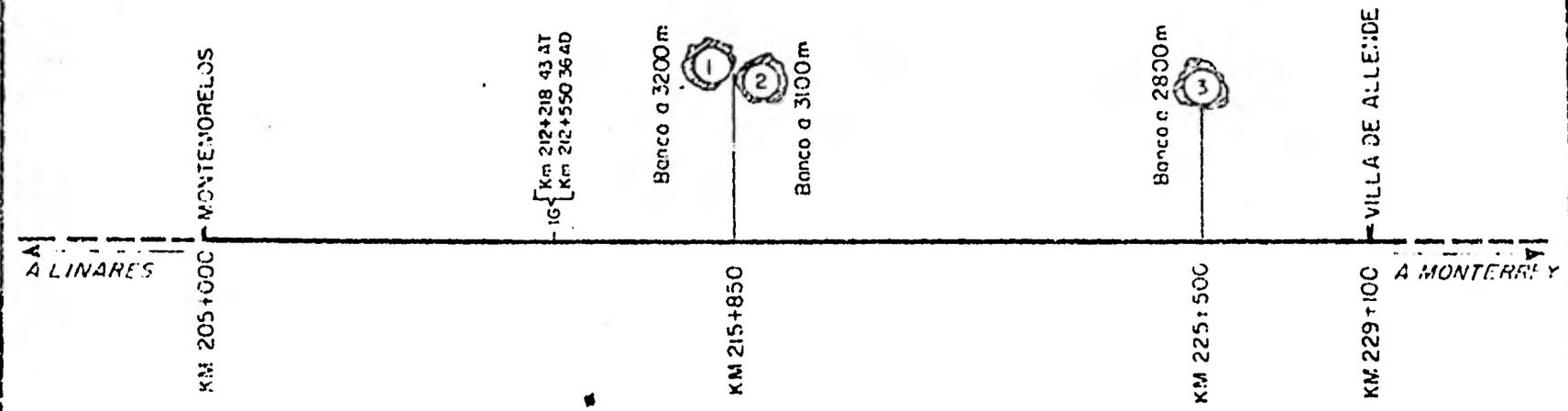
- Banco No. 1 a 3200 m a la izquierda de la estación 215 + 850.
- Banco No. 2 a 3100 m a la izquierda de la estación 215 + 850.
- Banco No. 3 a 2800 m a la izquierda de la estación 225 + 500.

| TERRACERIAS | | PAVIMENTO | |
|-------------|---------------------------|-----------|---------------------------|
| Banco | Volúmen (m ³) | Banco | Volúmen (m ³) |
| 1 | 20,000 | 1 | 193,490 |
| 2 | 121,000 | 2 | 30,310 |
| 3 | 31,000 | 3 | 7,980 |
| 4 | 39,600 | | |
| 5 | 38,000 | | |
| 6 | 20,000 | | |
| 7 | 13,000 | | |
| 8 | 37,000 | | |

CARRETERA MONTERREY - MONTEMORELOS

TRAMO VILLA DE ALLENDE - MONTEMORELOS

UBICACION DE BANCOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION



SUB-BASE

| BANCO | MATERIAL | TRATAMIENTO PROBABLE | MEZCLA APROX PARA SU UTILIZACION |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|---|
| 1 Los Llanos I | Grava gruesa de río | Trituración parcial y cribado | 80% Banco N°1 y 20% Banco N°2 ó Banco N°3 |
| 2 Los Llanos II | Limo grueso | Disgregado | 70% Banco N°2 y 30% Banco N°1 |
| 3 Los Bancos | Limo grueso | Disgregado | 20% Banco N°3 y 80% Banco N°1 |

BASE HIDRAULICA ESTABILIZADA

| BANCO | MATERIAL | TRATAMIENTO PROBABLE | MEZCLA APROX PARA SU UTILIZACION |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1 Los Llanos I | Grava gruesa de río | Trituración parcial y cribado | 70% Banco N°1 y 30% Banco N°2 |
| 2 Los Llanos II | Limo grueso | Disgregado | 20% Banco N°2 y 80% Banco N°1 |

CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO

| BANCO | MATERIAL | TRATAMIENTO PROBABLE |
|----------------|---------------------|---|
| 1 Los Llanos I | Grava gruesa de río | Trituración parcial y cribado a tamal máximo de 10mm (3/4") |

RIEGO DE SELLO

| BANCO | MATERIAL | TRATAMIENTO PROBABLE |
|----------------|---------------------|--|
| 1 Los Llanos I | Grava gruesa de río | Trituración parcial y cribado para obtener material sérico 3-E |

NOTA: La ubicación de los bancos es aproximada, por lo tanto, el proponente deberá tomar en cuenta la localización real de los mismos, comprobada por el

TERRACERIAS

| Banco | Volúmen (m ³) |
|-------|---------------------------|
| 9 | 60,000 |

b) Exploración. (Desmante, despalme, extracción, etc.).

Exploración de bancos "a cielo abierto". El término cielo abierto - se aplica para designar cualquier excavación al descubierto hecha - para obtener material de valor, ya sea carbón, mineral, roca de cantara, grava o relleno.

La mayoría de las operaciones a cielo abierto se inician con la re-moción del suelo o roca que descansa sobre el depósito que va a ser explotado.

Para la explotación de un banco es necesario hacer investigaciones, (planos, construcción de caminos, preparación del sitio, etc.), si-es que lo amerita el depósito; si se planea una operación en gran - escala que comprenda planta y otro equipo comprado especialmente pa-ra lograr la obtención del material de valor, tomando en cuenta sus características tales como extensión, calidad, accesibilidad, etc.

Despalme.- El despalme puede consistir en terreno superficial, sub-suelo, arena, grava, arcilla, pizarra, caliza, arenisca y otros de-pósitos sedimentarios.

El espesor del despalme que puede removerse depende de: su carácter y accesibilidad; del valor de la formación subyacente; del costo - comparativo de la explotación subterránea como mina, y hasta de la-porción del material removido que puede venderse o utilizarse.

El despalme puede ser una parte muy grande del costo de explotación, por lo tanto hay que analizar si es o no necesario el despalme o si es posible mezclarlo con el producto. Por ejemplo, mucha grava natura

ral no contiene suficientes finos para destinarla al uso de carreteras, y si se permite que el suelo que la cubre se mezcle con ella mediante derrumbe, puede mejorarse su calidad.

Extracción.- La extracción del material puede hacerse aflojándolo mediante voladura (explosivos) o puede ser que se encuentre en su estado natural.

Si una formación puede permanecer con paredes verticales o sobresalientes y se excava desde el fondo, el frente no deberá ser más alto de lo que la máquina pueda alcanzar, ya que puede ser necesario desprender con el cucharón los pedazos que sobresalen, para evitar el peligro de los caídos.

Siempre que una formación que no se derrumbe sea demasiado profunda para una excavación conveniente, se extrae por capas.

La maquinaria para carga utilizada en la excavación de un banco puede dividirse toscamente en:

- Cargadores Frontales, que dependen de la tracción en el piso de la excavación.
- Palas Mecánicas, con cucharón de brazo de ataque, cucharón de almeja o de despalmadora, que se apoyan sobre el piso mientras trabajan.
- Palas Mecánicas con dispositivos de draga, retroexcavadora o de cucharón de almeja, que cargan desde la parte superior del banco.
- Las Escrepas y los Bulldozers, que trabajan hacia abajo del talud del banco.
- Las excavadoras de cable vía de control remoto.

La selección de la maquinaria dependerá de las características de la localización y excavación de las formaciones; del volumen del

rendimiento requerido; del tipo e importancia de otro trabajo que deban hacer las mismas máquinas; del tipo de las unidades de acarreo; o de transporte y de sus precios.

Acarreo.— Un depósito para el material excavado (extraído) deberá estar tan cerca del banco como sea posible, para reducir el costo de acarreo, pero no deberá estar comprendido en el área que pudiera ser excavada.

El acarreo de la explotación incluye el movimiento del material, — desde el banco hasta la planta o hasta el almacenamiento, y en ambas direcciones; entre la planta y el almacenamiento. También comprende la entrega desde estos tres lugares a la obra, aunque una cantidad variable del producto puede ser acarreada desde la explotación en los camiones del comprador.

El acarreo dependerá de la combinación adecuada de las unidades de carga y acarreo. Por ejemplo si se utilizan palas grandes con camiones pequeños, se pierde tiempo centrando el cucharón y el material se derramará a los lados o si los camiones son demasiado grandes para la pala, deberán perder mucho tiempo para cargarlos; la pala no será capaz de cargarlos totalmente desde un lugar.

Las principales unidades de acarreo para uso en las explotaciones son los camiones, incluyendo remolques completos o semirremolques, y bandas transportadoras. En las explotaciones grandes, se utilizan trenes de carga, tanto de vía angosta, como de vía ancha, la última particularmente, cuando se transporta material sin tratamiento desde los bancos hasta un mercado distante. Las unidades de excavación como las escrapas y las excavadoras de cable pueden, también hacer una cantidad considerable de acarreo.

Las bandas transportadoras y las excavadoras de cable, y en menor medida, las escrepas, se destinan, principalmente para el trabajo dentro de la explotación. Los camiones se adaptan igualmente para el acarreo interior como para la entrega exterior. En acarreos muy largos los materiales pesados se mueven más económicamente mediante vía ancha.

Los camiones son unidades excelentes y flexibles para uso general. Se consiguen en una amplia variedad de tamaño estandar y se pueden adaptar a cargadores de diferentes tamaños o programas de producción, variando el número en la corrida.

Las excavadoras de cable requieren un gran volúmen dentro de su alcance para justificar su colocación.

Las escrepas para operar como tal necesitan de un suelo que puedan excavar y tolvas sobre las cuales puedan pasar, o áreas de almacenamiento con espacios para maniobrar. Sin embargo, las escrepas son más costosas y usualmente más lentas que los camiones de volteo del mismo tamaño, de manera que no es buena práctica utilizarlas continuamente con las palas.

2.1.2. Planta de Trituración.

La imperiosa necesidad de obtener una cada vez mayor cantidad de agregados seleccionados para carreteras, así como también para la fabricación de concretos hidráulicos, ha originado la búsqueda de tales materiales a partir de bancos cuyas graduaciones no corresponden en mucha a las graduaciones requeridas. Dichos bancos se tratan artificialmente en las llamadas Plantas de Trituración, las cuales además de uniformizar su calidad y tamaño, los selecciona convenientemente para su uso. La explotación de tales tipos de banco implica todo un estudio concien

zudo del tipo de planta que se deba emplear, así como también del equipo apropiado para intervenir en ello.

a) Ubicación.- La ubicación de las plantas de trituración se debe hacer analizando las potencialidades de los bancos y de las distancias mínimas de acarreo de los materiales para su tratamiento. Así también se debe buscar el sitio adecuado para proteger las instalaciones de posibles problemas ocasionados por factores imprevistos. En este caso la planta de trituración se ubica en el Km 215 + 850 - cerca del arroyo que cruza por dicho kilómetro, tratando de localizarla a un sitio adecuado para protegerla de posibles inundaciones que podrían surgir al crecer el nivel del agua ocasionado por las constantes precipitaciones, (lluvias).

La planta que se utilizó fue del tipo móvil. Para entender esto, -- hablaremos un poco de los tipos de planta que existen.

Principalmente existen dos tipos de plantas de trituración en atención a su instalación:

Las Plantas Fijas y Las Plantas Móviles.- La selección adecuada de ellas estará en función de la cantidad de agregados que se pretende producir, de la potencialidad del banco, del propósito de la planta y de otros factores.

El empleo de plantas fijas va a quedar determinado cuando se requiera de una cantidad muy grande de agregados siendo estos procesados de un término mínimo de 10,000 horas, o bien cuando se instale para obtención comercial de agregados en una ciudad, en la que la amortización de la máquina se cumpla totalmente. En estas plantas, se tiene la ventaja de poder incluirse equipos que permitan un control más riguroso de los agregados y teniéndose la alternativa de aumen-

tar la producción dependiendo de su demanda.

La utilización de plantas móviles de trituración, es muy conveniente cuando la duración de la obra sea en un tiempo corto. Este tipo de planta tiene la facilidad de poder trasladarse de una a otra obra, o tramo de carretera donde se localicen los distintos bancos para obtención de agregados.

Para poder entender lo que es un grupo móvil de trituración definiremos en una forma general las partes de que se compone:

- b) Equipo.- Un grupo móvil de trituración está compuesto de un remolque con ejes delantero y trasero, que son los que sirven para transportarse, estando en la parte delantera una lanza que permite engancharse a un tractor para su traslado. Y sobre este remolque están montados una tolva de alimentación, cribas para la separación de los materiales en distintos tamaños, quebradoras para el tratamiento de los materiales de los cuales se requiera su reducción, bandas transportadoras para mover los materiales tratados y una serie de generadores, motores diesel y eléctricos para impulsar las máquinas que componen los grupos móviles de trituración. Siendo una de las características principales que distinguen a este tipo de plantas en la construcción, es su movilidad, montaje y rápido traslado de estos donde se soliciten. Como ejemplo de la gran utilidad de las plantas móviles de trituración es en nuestro caso, cuando se requieren agregados para carreteras ya que nos van a brindar la facilidad de hanquear a distancias cortas y abastecer la demanda de agregados para tramos en los cuales el transporte de los materiales sea lo más económico posible.

El empleo de agregados tratados por plantas móviles de trituración

para el concreto hidráulico, va a requerir de un control más riguroso que en los agregados empleados en carreteras y aeropuertos, cuando se hacen de pavimentos flexibles. Este control se puede llevar a cabo en estos grupos móviles al lavarse estos agregados tratados y clasificados eliminándose los polvos y materias orgánicas que puedan contener éstos, obteniéndose materiales limpios y bien clasificados.

Como podemos observar, la obtención de agregados para carreteras, aeropuertos y concretos hidráulicos, se puede llevar a cabo mediante la utilización de grupos móviles de trituración, que nos proporcionen una forma fácil, rápida y económica de obtenerlos.

Como una alternativa muy acertada, cuando la duración de la obra es más o menos larga (siendo esta mayor de 10,000 horas), es la utilización de equipos semi-fijos de trituración que tienen las características de desmontarse en la obra los ejes, los rines y llantas del remolque, dejándose únicamente su estructura y los aparatos que los componen en grupos móviles, evitándose así el deterioro que tendrán estas partes al estar expuestas a la intemperie y tener la ventaja de utilizarse en otros grupos móviles de las mismas características si se tuvieran estos. O bien al terminarse la obra estas partes se instalan nuevamente para transportarse el grupo móvil a otra parte que lo soliciten, sin haberse perjudicado estos equipos, que al estar trabajando la planta no tienen ninguna finalidad.

- c) Producción.- El volumen de material tratado que deberá producir la planta trituradora quedará en función de la demanda del material.- Para este caso se produjeron $75 \text{ m}^3/\text{hr}$ compactos de material de $1\frac{1}{2}$ " y $60 \text{ m}^3/\text{hr}$ de $3/4$ ", además $15 \text{ m}^3/\text{hr}$ de material para sello. Esto -

se logró a través de la instalación en serie o en circuito cerrado de un primario y un secundario.

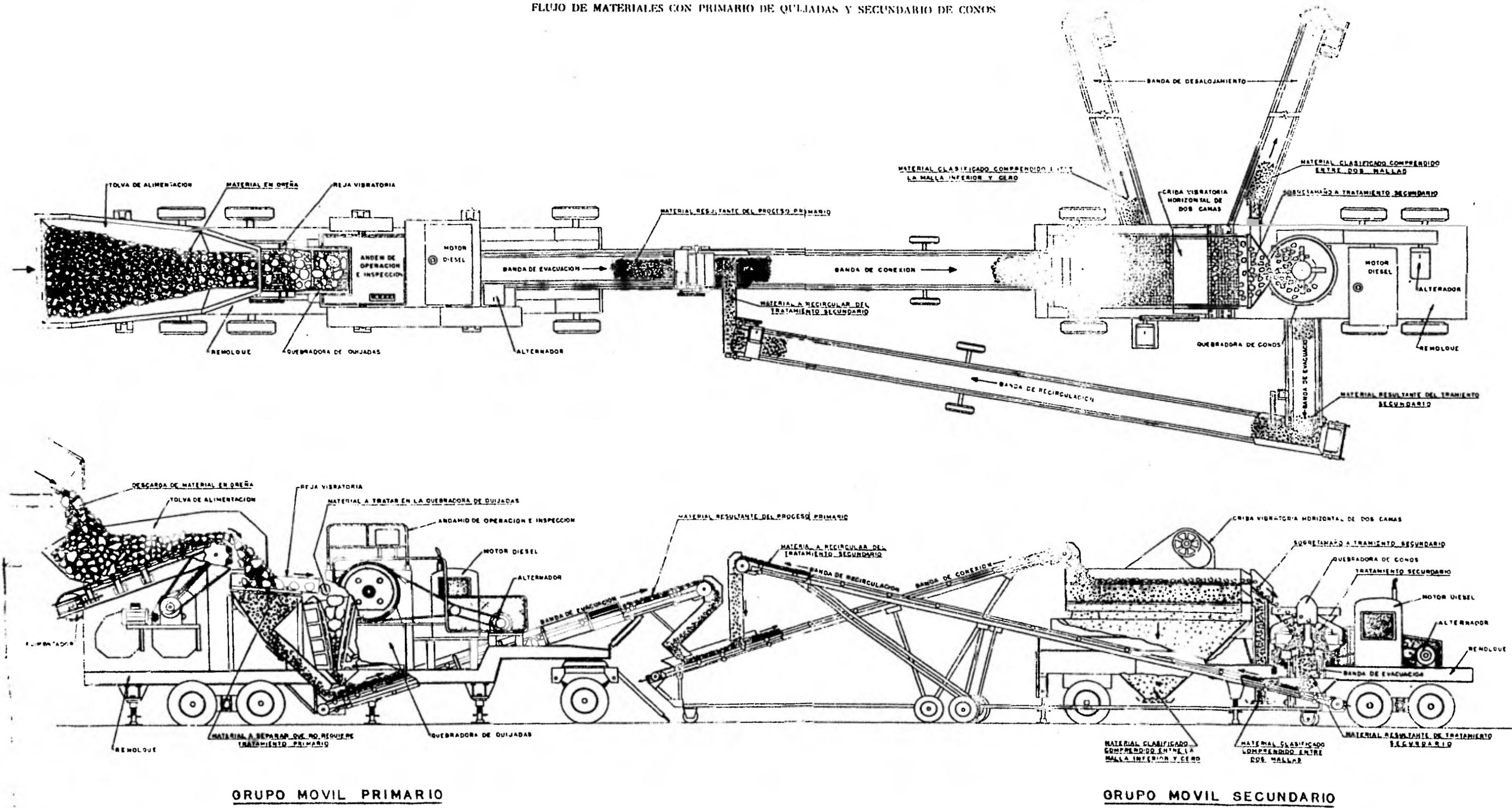
Plantas Móviles de Trituración Primaria.- Se le dá el nombre de planta móvil de trituración primaria, a la que como su nombre lo indica hace una primera reducción del material en greña proveniente de banco. Esta reducción primaria nos va a determinar la selección de un equipo apropiado para esta trituración, que va a depender del tipo de material a tratar, tamaño máximo de los materiales humedad, etc., que nos guía en el camino para la selección de la máquina reductora más conveniente.

Como los grupos móviles van a trabajar en diferentes bancos, se tendrán diferentes tipos de materiales y con diferentes características del mismo (abrasividad, dureza, fragilidad, etc.) por lo que es conveniente seleccionar el equipo de estos grupos para condiciones generales de materiales y no particularizar para un tipo de material determinado, ya que en una carretera no es común encontrar en los bancos similitud de características en los materiales.

Cuando en una obra se requieren tamaños de los materiales menores a los producidos por una trituración primaria, se recurre a una segunda trituración de los materiales provenientes de la trituración anterior, o bien cuando por sí mismos son de tamaños adecuados para ser aceptados por estas trituradoras secundarias.

Plantas Móviles de Trituración Secundaria.- Estas plantas como su nombre lo indica, van a efectuar una segunda reducción de los materiales provenientes de una trituración primaria, o con materiales de tamaños adecuados para ser aceptados por estas máquinas, como cantos rodados, que se depositan en las orillas de los ríos. Ha-

FLUJO DE MATERIALES CON PRIMARIO DE QUIJADAS Y SECUNDARIO DE CONOS



GRUPO MOVIL PRIMARIO

GRUPO MOVIL SECUNDARIO

Fig. 33 - Grupos móviles de trituración a circuito cerrado

ciéndose primeramente una separación y clasificación por medio de una criba de los tamaños que no requieren tratamiento y tratar únicamente los tamaños mayores que se separan, reduciéndose estos a tamaños menores, que pueden ser clasificados en la criba y utilizados ya como tamaños requeridos en la obra.

Plantas Móviles de Trituración Terciaria.— La utilización de este tipo de plantas de trituración es empleado cuando se requiera en la obra arenas y polvos que por sus características de los bancos no se encuentran finos en abundancia, se recurre al empleo de máquinas de trituración terciaria, que es una reducción de materiales provenientes de trituraciones anteriores: primaria y secundaria. Este tratamiento terciario sigue el mismo tratamiento que los grupos móviles anteriores, haciéndose una primera separación de los materiales que no requieren de su tratamiento terciario y reducir únicamente los materiales mayores. Terminado este tratamiento, obtenemos materiales cuyos tamaños pueden ser clasificados en las cribas como tamaños requeridos en la obra.

Dentro de estos equipos, cuando se requiera la obtención de agregados con una calidad muy rigurosa, como materiales pétreos para concreto hidráulico, se pueden utilizar equipos auxiliares para eliminar las impurezas de los materiales tratados, como: lavadores, hornos secadores, ciclones, etc., que nos permiten eliminar polvos y materias orgánicas que puedan reaccionar con el cemento, siendo perjudiciales para el concreto.

2.1.3. Planta de Asfalto.

Generalidades sobre los agregados.— En toda carpeta asfáltica el agregado contribuye a su estabilidad mecánica, soporta el peso de los ve-

hículos y al mismo tiempo transmite las cargas a la sub-base a una presión reducida.

Para satisfacer esos requisitos de la mejor manera, los agregados deben tener las siguientes características:

a.- Granulometría.- En términos generales puede afirmarse que la mayor estabilidad de un material se alcanza cuando se logra su máxima capacidad por ello, se requiere una sucesión de tamaños, a modo que los huecos dejados por las partículas mayores sean ocupados por partículas de menor tamaño y que a la vez, los huecos que dejan éstas sean llenados por partículas más finas y así sucesivamente.

b.- Resistencia al Desgaste.- Para que un material granular grueso sea satisfactorio para integrar las carpetas asfálticas es necesario que tenga suficiente tenacidad para resistir la acción del planchado durante la construcción y la acción del tránsito sin que sufran fractura bajo la carga impuesta.

c.- Sanidad y Estabilidad.- El material petreo ha de ser resistente y estable a la acción intemperica y los que no resisten a esta acción deben considerarse defectuosos y por lo tanto, malos agregados para pavimentos, particularmente como materiales de revestimiento, ya que presentan una gran superficie expuesta al intemperismo.

d.- Fricción Interna.- Los agregados debido a su forma externa presentan una mayor o menor resistencia al deslizamiento de sus partículas bajo la acción de la carga rodante. Esta resistencia motivada por el acuñe o trabazón de las partículas y por la fricción superficial de las mismas, es la propiedad denominada fricción interna en los agregados.

e.- Afinidad con los Asfaltos.- No todos los agregados se adhieren con

igual facilidad a los asfaltos, aquellos que presentan alta afinidad -- se denominan "hidrofobos" y básicamente son los de origen calcáneo, -- como los basaltos, calizas y dolomíticas; en cambio los agregados de -- naturaleza silicosa, como la cuarcita presentan dificultad para ser cu*biertos por los asfaltos y con facilidad se desprenden de los mismos;-- a éstos se les llama "hidrófilos".

Las fallas encontradas en los pavimentos asfálticos debidas a la falta de adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto, obedecen en la mayor parte de los casos a la introducción del agua en la carpeta asfáltica. Si el agregado pétreo o mejor dicho su superficie presenta mayor afinidad al agua que al asfalto, la primera es atraída hacia la superficie de la partícula, desalojando la película de asfalto quedando destruida la adherencia existente entre ambos materiales tan necesaria para darle estabilidad a la carpeta.

a) Ubicación.-- La planta de asfalto también se ubica en el Km 215 + 850 cerca de la planta trituradora, para evitar el incremento en los -- costos de acarreo.

b) Equipo.-- El equipo que se utilizó fue una Planta T M 20 STAND, esta planta es del tipo de plantas para mezcla en caliente.

El proyecto de los concretos asfálticos se ha definido como el proceso por el que se determina la fórmula de la combinación de sus -- elementos es decir, la determinación de la mejor combinación de sus diferentes ingredientes. La planta para mezcla en caliente que se -- utiliza para la producción de concretos asfálticos es el equipo que sirve para convertir la fórmula de la mezcla en un producto útil, -- dosificando las mezclas por peso. Los diferentes agregados se almacenan en silos equipados con alimentadores mecánicos. Los agrega--

dos de estos silos se secan y se calientan, se clasifican por tamaños, se vuelven a almacenar en silos calientes y finalmente se extraen se recombinan según la fórmula y se introducen en la mezcladora en la que se añade la cantidad correcta de asfalto.

Las plantas para mezclas asfálticas se fabrican en una variedad de tamaño y tipos (fijas y portátiles).

La operación de una planta mezcladora para producir concreto asfáltico requiere experiencia y habilidad por parte del operador y también una inspección continua para tener la seguridad de que se mantiene la calidad aunque se produzcan variaciones en los materiales-componentes. Algunas de las operaciones para operar una planta son las siguientes:

a.- Ajuste de las descargas de los silos fríos.- Los primeros ajustes de las descargas de los silos fríos generalmente se hacen utilizando los datos de los fabricantes o experiencias anteriores. Se comienza a operar la planta, y los ajustes se hacen por tanteos hasta que se satisfacen los requisitos de la fórmula.

b.- Ajuste de las descargas de los silos calientes.- La planta debe operarse hasta que funcione normalmente, luego se toman muestras de cada silo caliente para su análisis granulométrico. Apoyándose en estos datos el peso necesario para cada revoltura, para que dé la mezcla pedida, se puede calcular.

c.- Mezclas de tanteo.- Cuando se han hecho los ajustes preliminares, se prepara una revoltura de prueba. De la revoltura de prueba se toma una muestra de 20 a 40 lbs. Se hace notar aquí que los errores aislados más grandes que se cometen son los de las pruebas de las mezclas. Las dependencias que utilizan estos materiales en grande escala han especificado los procedimientos de muestreo, que de--

ben seguir cuidadosamente, especialmente cuando existe la posibilidad de que se rechace el material como resultado de una prueba anterior.

d.- Pruebas y ajuste final.- La muestra elegida debe sujetarse a -- las pruebas para el proyecto de la mezcla y a las pruebas de extracción. En las pruebas de extracción se separan los diferentes componentes y las proporciones se comparan con las del proyecto original. Los resultados de estas pruebas deben analizarse cuidadosamente -- haciendo los ajustes finales a la planta.

El control de construcción y las pruebas de extracción son los medios para percatarse de la necesidad de ajuste y deben hacerse varias veces al día, aun cuando la planta haya quedado aparentemente-trabajando con normalidad. Esta es una operación fabril en la que -- la calidad puede mantenerse sólo dando atención constante a los detalles, no debido a deficiencias de la planta o de sus operadores -- sino debido a la variabilidad inherente del proceso.

En el pasado, las plantas para mezclar asfalto eran perjudiciales -- en muchos lugares debido a la gran cantidad de suciedad que descargaban sus chimeneas. Que era una combinación de humo y de polvo fino recogido durante el proceso de secado, producía un serio problema de contaminación. Los sistemas colectores de polvo y el mejor -- control de la combustión han aminorado este problema. Existen varios beneficios marginales importantes debidos al control de la contaminación del aire, que consisten en la recolección de finos que -- con frecuencia se pueden utilizar en la mezcla, el mejor control de la combustión reduce el costo del combustible y se mantienen mejores relaciones públicas.

c) Producción.- La producción de la planta quedará en función de la - disponibilidad del material y de la demanda requerida para las diferentes etapas del programa de ejecución. El volumen demandado en este caso fue de $40 \text{ m}^3/\text{hr}$, este volumen fue cubierto con el funcionamiento normal de la planta.

Proceso de Elaboración del Concreto Asfáltico.- Los pasos principales en la elaboración del concreto asfáltico, son los siguientes:

Secado de los agregados pétreos.

Cribado de los agregados pétreos.

Dosificación de los agregados pétreos.

Calentamiento del asfalto.

Dosificación del asfalto.

Mezclado de ambos materiales.

Los agregados pétreos procedentes de la planta de triturados, son colocados en sus respectivos silos.

El material pétreo del silo cae por unas tolvas hasta la banda -- transportadora, la cantidad de agregados que sale de estas tolvas es controlada por medio de la abertura de la salida de cada tolva, esto se logra por medio de "puntos" colocados a una distancia prefijada obteniéndose con esto una predosificación bastante aceptable.

Las tolvas son alimentadas por medio de tractores.

La banda transportadora conduce el material hasta otra banda, lo coloca en la entrada del secador o lo puede colocar en un elevador de cangilones en frío si es que el secador está en una parte alta.

El paso siguiente es el secado de los agregados pétreos el cual se efectúa en un secador cilíndrico, metálico del tipo rotatorio di--

recto. Para el calentamiento del secador se utiliza un quemador de baja presión, atomizador de aire y combustible. El material cae en la entrada del secador situada en la parte superior y va avanzando a lo largo del mismo ayudado por la rotación y por su pendiente. - El avance de los agregados se controla con respecto a su humedad, - por medio de la rotación del secador.

El material seco y caliente, cae por gravedad del fondo del secador en la tolva de alimentación del elevador de cangilones en caliente, éstos elevadores tienen diferentes alturas, dependiendo esto de las necesidades de cada una de las diferentes plantas, todas están cubiertos por una caja metálica que tiene varias funciones:

- 1.- En primer lugar sirve para evitar que accidentalmente caigan los agregados pétreos calientes, quemando a alguno de los obreros que por ahí transiten.
- 2.- Evita que durante la época de frío el material se enfríe.
- 3.- Mantiene libre de polvo el ambiente, lográndose mayores condiciones de seguridad.

El elevador de cangilones sube los agregados pétreos calientes hasta un chut o canal metálico de donde caen en seguida hasta la criba vibratoria.

La criba es accionada con un motor eléctrico que mueve un eje - - excéntrico lográndose con ello las vibraciones de la criba, ésta - es de varios pisos y está cubierta por una caja metálica con el -- mismo objeto del caso del elevador de cangilones.

El material que pasa por cada una de las mallas de la criba, pasa debidamente clasificado a la tolva de suministro, de donde se toma el material necesario para hacer la mezcla. Los agregados que no -

pasan la criba, van a caer en la tolva de rechazado, de donde se -
recogen y van nuevamente a trituración.

De las tolvas de suministro el material cae en la caja pesadora —
que es donde se realiza con precisión la dosificación de los agre-
gados pétreos.

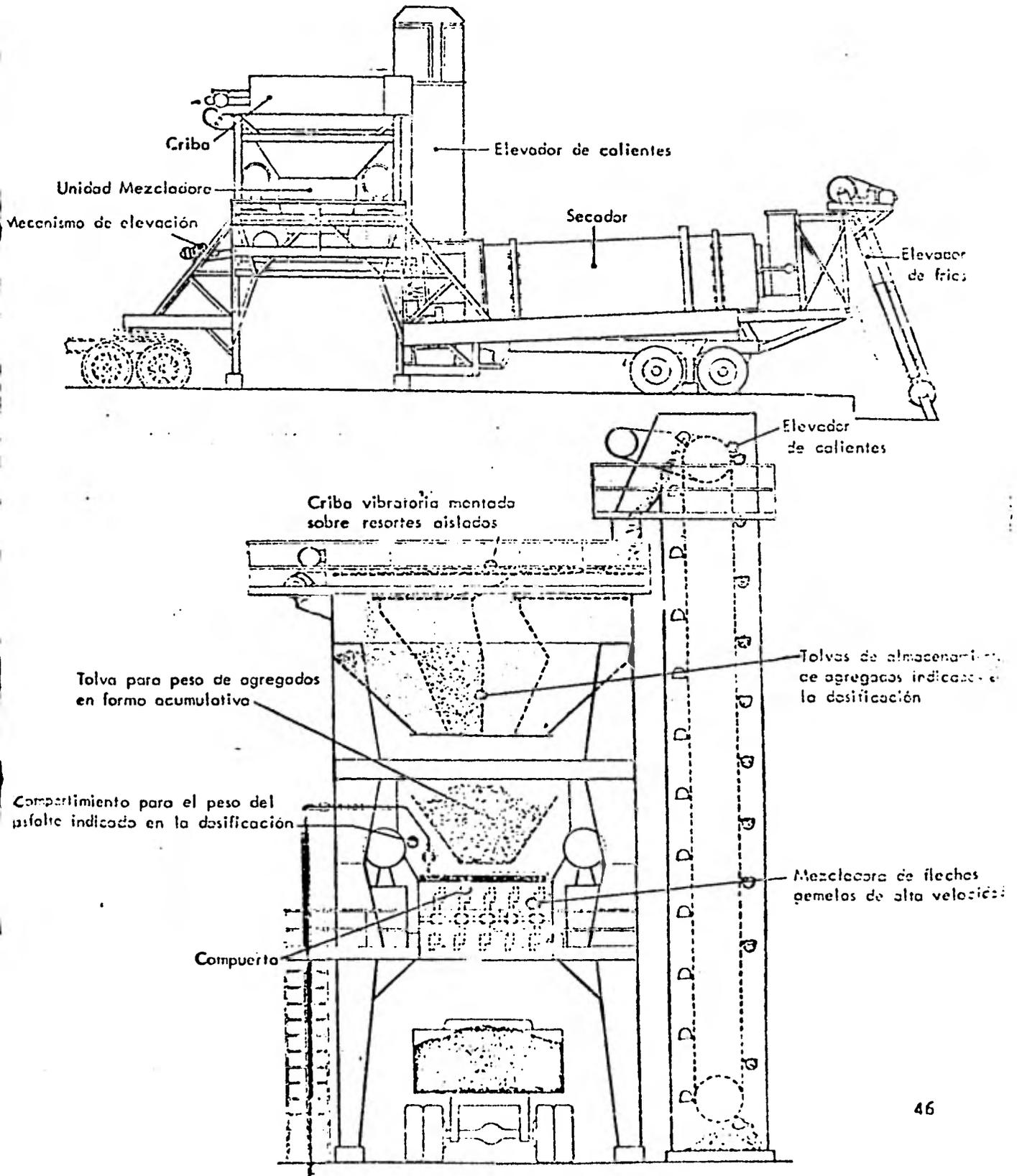
En los tanques de almacenamiento de asfalto, éste es calentado por
unos serpentines de vapor provenientes de calentadores de aceite.—
De los tanques, el asfalto es bombeado pasando a tuberías que lo -
llevan hasta la báscula de pesado de asfalto. Las tuberías que con-
ducen el asfalto tienen una camisa exterior por donde circula va--
por, el cual mantiene caliente el asfalto.

Una vez efectuada la dosificación de los agregados pétreos y del -
asfalto, los agregados caen por gravedad en la caja mezcladora y -
el asfalto es inyectado a presión en la misma; cuando lo anterior-
se ha realizado, se procede al mezclado de ambos materiales, el --
tiempo mínimo de mezclado es de 40 segundos y el máximo de 60 se--
gundos, si se excede en tiempo los agregados pétreos son tritura--
dos por las paletas de mezclado, alterándose con ello la dosifica-
ción, si por el contrario no se llega a 40 segundos, el material -
sale "pinto" o sea que no está bien mezclado.

De la mezcladora, el concreto asfáltico cae en tolvas o en las ca-
jas de los camiones que lo distribuyen a donde sea necesario. Los-
camiones pasan enseguida a la báscula de salida donde se pesan y -
se deduce la cantidad de concreto asfáltico que lleva cada uno, --
además se toma la temperatura del mismo.

Los camiones son controlados por medio de un tacógrafo el cual re-
gistra el tiempo que dura el viaje, el número de viajes, la veloci

PLANTAS DE ASFALTO TM



dad a que corre el camión y el número de paradas.

ESPECIFICACIONES:

El asfalto al entrar a la mezcladora debe tener una temperatura comprendida entre los 120° y los 140°C y el material pétreo de 120° a los 160°C, procurando que la mezcla salga entre 140° y 150°C para que llegue a la obra a una temperatura de más o menos 110°C.

2.2. TERRACERIAS.

El incremento de las actividades de transporte mediante vehículos con motor, que se ha experimentado durante los últimos años, ha traído como consecuencia un aumento en las cargas por rueda de los vehículos y un mayor número de repeticiones de dichas cargas, lo cual implica que los pavimentos de los caminos y aeropuertos estén sometidos a condiciones de trabajo cada vez más rigurosas. Esta situación acentúa la necesidad de poner en juego la técnica moderna para diseñar y construir caminos y aeropuertos que satisfagan plenamente las demandas de esas condiciones de trabajo, más severas cada día.

Dentro de varios aspectos importantes involucrados en la técnica actual de diseño y construcción de caminos y aeropuertos, se han preocupado en encontrar las ideas fundamentales que norman las selecciones de bases y sub-bases de un aeropuerto o un camino moderno.

Para evitar posibles confusiones comenzaremos por establecer lo que entendemos por Base y Sub-base de un camino, diremos que son las capas de suelo, generalmente traídas de algún banco, que se colocan entre las carpetas de rodamiento, descansando sobre la sub-base la cual a su vez se apoya sobre la sub-rasante y ésta al suelo.

Varias organizaciones de diversas partes del mundo, encargadas de la construcción de caminos, han establecido los requisitos que deben cum-

plir los materiales que se emplean en la construcción de carpetas, bases y sub-bases, con objeto de garantizar su buen funcionamiento. Tales requisitos no son sino consecuencia de las funciones que desempeña la carpeta, base y sub-base del conocimiento de las propiedades físicas de los distintos tipos de suelos y de la observación de su comportamiento en caminos que han estado en servicio varios años.

En la actualidad el diseño de las bases y sub-bases se hace tomando en cuenta tres aspectos:

El primer objetivo que persigue el empleo de bases y sub-bases en los pavimentos, es el disponer de una zona de transición entre la carpeta y la subrasante que permita distribuir las presiones impuestas por el contacto de las llantas, de tal manera que los esfuerzos inducidos en la subrasante sean compatibles con la deformabilidad de los materiales que lo constituyen. Si este objetivo no se logra, traerá como consecuencia fuertes deformaciones de la sub-rasante que se traduce en fallas en el pavimento.

Como segundo aspecto a considerar es la propia deformabilidad de la base y sub-base que es de primordial importancia. De aquí que en los métodos actuales de diseño se recurra al empleo de pruebas de laboratorio, para determinar estas propiedades mecánicas de los materiales que se disponen para la construcción de carreteras.

El tercer aspecto viene siendo propiamente las especificaciones que nos van a determinar la calidad y anticipar su probable comportamiento en la obra en carreteras y aeropuertos, incluye todo lo referente a la obtención de envases, identificación, transporte de las muestras de suelo para la construcción, la preparación que deba darse a dichas muestras y los ensayos que deben efectuarse.

Siendo una de las pruebas que más interesan en la obtención de agregados, la de la composición granulométrica.

Siendo esta una prueba para juzgar la calidad de un material de acuerdo con el fin a que se le destina, determinándose el tamaño de las partículas que forman el suelo, obteniéndose por el procedimiento de cribado o el de sedimentación.

El primero es por medio de la separación de partículas, tamizándolas a través de una sucesión de mallas de abertura cuadrada y en pesar dichas porciones que se retienen en cada una de ellas, con el fin de relacionar dichos retenidos como porcentajes de la muestra total para obtener la composición granulométrica. Esta clasificación se realiza hasta tamaños de 0.074 mm. que corresponde a la malla No. 200.

El procedimiento de sedimentación, se basa en el siguiente principio:-- "En un líquido menos denso que el suelo, las partículas del suelo de la misma densidad, se asentarán a través del líquido con velocidades proporcionales a sus tamaños". Este principio está expresado por la ley de Stokes, que da la velocidad requerida de una pequeña esfera en un líquido viscoso. Siendo el procedimiento de prueba más usual el hidrómetro el cual consiste en determinar la variación de la densidad de la suspensión suelo-agua, para diferentes tiempos, por medio del hidrómetro y en medir la altura de caída de los granos de mayor tamaño correspondiente a la densidad media. La lectura hecha con el hidrómetro, mide la densidad media de la suspensión a la altura del bulbo de este, y con ella se puede determinar directamente el porcentaje en peso de las partículas de suelo, con la relación a la concentración original a este nivel.

Otro procedimiento usado es el llamado "decantación separada", que con

siste en determinar el porcentaje de sólidos que permanecen en suspensión en el agua, después de que ha transcurrido un período previamente calculado, suficiente para permitir la sedimentación de las partículas mayores de un determinado tamaño, Los resultados se reportan como porcentajes de arena, limo y arcilla contenidos en la muestra original o en el material que pasa la malla No. 40 que es con el que se hace la prueba.

2.2.1. Cuerpo.- Estos se emplean en el caso de que la sub-rasante no se desplante directamente sobre el nivel natural del suelo, entonces se hará sobre terracerías las cuales serán compactadas por capas y debidamente proporcionadas con un contenido de humedad óptimo, ya que sirve de continuidad a estas y a la sub-rasante, debe asegurarse esta buena compactación ya que de no ser así no servirá de nada hacer una buena compactación en la sub-rasante, sub-base y la base.

En las terracerías no se requiere de un control riguroso de los polvos y del tamaño de los materiales empleados, por lo tanto no se requieren materiales triturados sino únicamente materiales provenientes directamente de un banco.

2.2.2. Sub-base.- Las presiones que recibe la sub-base son menores que en la base, por lo que se puede usar en su construcción, suelos con mayor contenido de partículas de baja plasticidad, este mayor contenido de finos significa que los suelos empleados pueden ser más deformables que los de la base. Se estima que un material es bueno para la sub-base cuando el valor relativo de soporte excede el 30%, incluyendo a las arenas de buena graduación y a las arenas arcillosas con bajo contenido de finos poco plásticos. En lugares de alta precipitación pluvial - además de un elemento de distribución de cargas de las ruedas, debe ac

tuar como un dren que facilite la evacuación rápida del agua de lluvia que logra infiltrarse a través de las grietas de la carpeta, para lo cual se deben emplear materiales permeables. La sub-base en cambio debe tener una baja permeabilidad para evitar que el agua llegue fácilmente a la sub-rasante. Este requisito es particularmente importante, cuando la sub-rasante está constituida por suelos susceptibles a fuertes cambios volumétricos, inducidos por la variación en el contenido de humedad.

La sub-base está formada por materiales gruesos, poco sensibles al agua, siendo esta capa compactada con la sub-rasante y ésta a su vez con la terracería o suelo, debiéndose tener buena afinidad con cualquiera de los dos según se trate sin presentar cambios bruscos de capilaridad y resistencia, buscándose un material que sirva para formar una capa intermedia entre la sub-base y terracerías o suelo, llamada sub-rasante. Estabilizándose la sub-base, con vibrado y después con compactación.

Las especificaciones dadas por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en cuanto a granulometría promedio, para la sub-base es la siguiente:

| SUB - BASE | | |
|------------|---------|------------|
| Malla | % Pasan | % Retenido |
| 2" | 100 | — |
| 1" | 55 | 45 |
| 1/4" | 50 | 5 |
| 3/8" | 40 | 10 |
| No. 4 | 30 | 10 |
| No. 10 | 20 | 10 |

| Malla | % Pasan | % Retenido |
|---------|---------|------------|
| No. 40 | 10 | 10 |
| No. 100 | 7 | 3 |
| No. 200 | 5 | 2 |
| 0 | 0 | 5 |

2.2.3. Base.- La base por estar en contacto directo con la carpeta recibe los esfuerzos y por consiguiente deben emplearse en ella materiales poco deformables, es decir materiales granulares de preferencia gruesos y con bajo contenido de partículas finas (diámetros menores de 0.074 mm., o sea de la malla No. 200), de plasticidad baja. Algunas otras organizaciones imponen la condición de que su valor relativo sea superior al 80% para pavimentos flexibles. Este valor sólo se logra con roca triturada o gravas de muy buena graduación. De acuerdo con "Porter", puede considerarse adecuado un material con soporte de 50 %, con lo cual el rango de los materiales para bases se extiende hasta las arenas gruesas de buena graduación que contengan una pequeña proporción de finos ligeramente plásticos. Quedando incluido dentro de los materiales utilizables, prácticamente todas las gravas, a excepción de aquellas con un alto contenido de finos. Se excluyen las arenas mal graduadas y arenas limosas, que sobrepasen un límite de un contenido de finos que se considera el 10% en peso.

En la base es conveniente utilizar materiales triturados, que aumentan su ángulo de rozamiento y con esto aumenta su estabilidad. Se debe evitar la afinidad del agua con los agregados, dejando un drenaje superficial que elimina rápidamente el agua, con lo que se mantiene un grado de compactación en su límite, para impedir la penetración de humedad. Siendo especificado por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras

7
22
100
-00

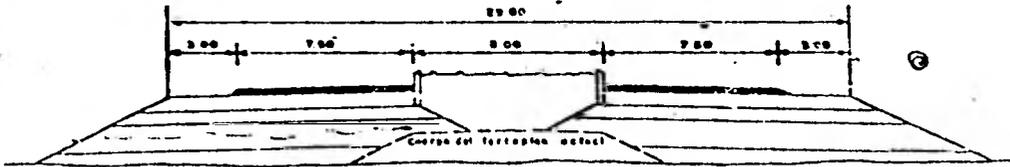
**CARRETERA MONTERREY - MONTEMORELOS
TRAMO VILLA DE ALLENDE - MONTEMORELOS**

PROYECTO DE PAVIMENTACION

SECCIONES EN TERRAPLEN



**SECCION TIPO I
DE KM. 205+000 A KM. 206+000
DE KM. 225+555 A KM. 229+100**



**SECCION TIPO II
DE KM. 206+000 A KM. 225+555**

| MATERIAL PÉTREO | SUB-BASE Tamaño máximo de 38mm (1 1/2") | BASE HIDRAULICA ESTABILIZADA Tamaño máximo de 38mm (1 1/2") | CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO Tamaño máximo de 19mm (3/4") | RIEGO DE SELLO 3-E |
|--------------------|---|--|---|-----------------------|
| Esesor compacto | 15 cm | 15 cm | 7.5 cm | Un riego |

En la construcción de la base se adicionará al material pétreo un 3% en peso, aproximadamente de cemento Portland tipo 1.

Para el riego de impregnación se usará producto asfáltico PR-1 a razón de 1.3 lt/m² aproximadamente.

El riego de liga se dará con producto asfáltico PR-3 en proporción de 0.5 lt/m², aproximadamente.

Para la carpeta de concreto asfáltico por el sistema de mezcla en planta estacionaria se usará cemento asfáltico No. 6 a razón de 100 kg/m³ de material pétreo seco y suelto, aproximadamente.

En el riego de sello se empleará producto asfáltico PR-3 a razón de 1.4 lt/m², aproximadamente.

El proponente deberá tener en cuenta que independientemente del número de frentes de ataque que esta blezca el contratista, la Secretaría no permitirá que se adelante en más de 2000 metros la compactación de la sub-base, con respecto al armado de la base, ni en más de 2000 metros la construcción de la base con respecto al riego de impregnación; asimismo, no se permitirá que se adelante en más de 4000 metros el riego de impregnación con respecto a la construcción de la carpeta.

Los espesores compactos que se indican, son aproximados y únicamente se indican para que el proponente tenga idea de la magnitud e importancia de los trabajos por efectuar. Los espesores definitivos, de acuerdo con las características de los diferentes sub-tramos los fijará la Secretaría antes de ejecutarse las obras.

Públicas la siguiente granulometría promedio para la base:

| B A S E | | |
|---------|---------|------------|
| Malla | % Pasan | % Retenido |
| 1½" | 100 | — |
| 1" | 75 | 25 |
| ¾" | 70 | 5 |
| ⅜" | 50 | 20 |
| No. 4 | 40 | 10 |
| No. 10 | 27 | 13 |
| No. 40 | 15 | 12 |
| No. 200 | 7 | 8 |
| 0 | 0 | 7 |

2.3. CARPETA ASFALTICA.

Se colocará para dar un acabado final al concreto asfáltico y poder resistir las fricciones y desgaste que producen los vehículos durante -- sus operaciones de arranque, traslado y frenaje.

Consiste esta capa de rodamiento de una película de un kilogramo por metro cuadrado de material bituminoso, que se recubre con gravilla de 6 a 3 mm., y se rellenan con arena de 2 a 5 mm., preparándose en caliente en plantas los agregados y el aglutinante.

Las muestras obtenidas de los materiales pétreos para carpetas asfálticas ya sean obtenidas en los bancos de almacenamiento, plantas de trituración o cribado, o de material acarreado a la obra deberán ser fielmente representativas del material que se trate, para las pruebas que se realicen en el laboratorio.

La determinación de la composición granulométrica en la carpeta, se deberá efectuar en cualquiera de los siguientes casos:

a.- En el material original del banco propuesto, lo cual tiene por objetivo en gravas y arenas, conglomerado, etc., comparando su granulometría con la propuesta en la carpeta para definir el tratamiento que deberá darse al material original. Cuando se trata de roca, se procurará triturar una muestra representativa utilizando de preferencia un -- equipo semejante al que vaya a emplearse en la construcción, para tener una idea de la composición granulométrica que se pueda esperar, -- así como de la forma en que se rompe el material.

b.- En los productos de la planta de cribado o de trituración, la determinación de la composición granulométrica puede hacerse con fines de control, cuando se trate de mezclas asfálticas o tratamientos superficiales, o bien para hacer la dosificación en que deberán intervenir los diferentes tamaños en la composición de una mezcla asfáltica.

c.- En el producto de la planta de mezclado o en la carpeta ya constituida, en cuyos casos se verificará la prueba con fines de comprobación.

La SAHOP, especifica las siguientes granulometrías promedio para los diferentes tipos de carpeta.

CARPETA (MATERIAL No. 1)

| Malla | % Pasan | % Retenido |
|--------|---------|------------|
| 1 1/4" | 100 | -- |
| 1" | 95 | 5 |
| 1/2" | 5 | 90 |
| 1/4" | 0 | 5 |

CARPETA (MATERIAL No. 2)

| Malla | % Pasan | % Retenido |
|-------|---------|------------|
| 3/4" | 100 | -- |

| Malla | % Pasan | % Retenido |
|-------|---------|------------|
| 1/2" | 95 | 5 |
| 1/4" | 5 | 90 |
| No. 8 | 0 | 5 |

CARPETA SELLO (MATERIAL No. 3A)

| Malla | % Pasan | % Retenido |
|--------|---------|------------|
| 1/2" | 100 | — |
| 3/8 | 95 | 5 |
| No. 8 | 10 | 85 |
| No. 40 | 2 | 8 |
| 0 | 0 | 2 |

CARPETA (MATERIAL No. 3B)

| Malla | % Pasan | % Retenido |
|--------|---------|------------|
| 3/8" | 100 | — |
| 1/4" | 95 | 5 |
| No. 8 | 10 | 85 |
| No. 40 | 2 | 8 |
| 0 | 0 | 2 |

NOTA: a.- Cuando se especifica carpeta de tres riegos se usa la carpeta No. 1

b.- Cuando se especifica carpeta de dos riegos, se utiliza una mezcla del material No. 2 y No. 3B.

c.- Cuando se especifica carpeta de un riego se utiliza únicamente material No. 3A.

Las especificaciones impuestas por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en cuanto a la granulometría promedio del Concreto Asfáltico es como sigue:

CONCRETO ASFALTICO

| Malla | % Pasan | % Retenido |
|---------|---------|------------|
| 3/4" | 100 | — |
| 1/2 " | 78 | 22 |
| 3/8" | 65 | 13 |
| 1/4" | 55 | 10 |
| No. 4 | 47 | 8 |
| No. 40 | 17 | 16 |
| No. 200 | 5 | 12 |
| 0 | 0 | 5 |

Los requisitos impuestos por la SAHOP para suelos adecuados en la construcción de bases y sub-bases, son un ejemplo de las diversas especificaciones de pavimentación.

Los conceptos expresados en la composición granulométrica de los suelos para terracerías, sub-bases o bases es aplicable a los materiales empleados en la elaboración de mezclas asfálticas con agregados graduados, pero con una menor proporción de finos, ya que va a ser reemplazado por un cementante asfáltico el que está constituido por material fino.

Se utilizarán las mallas A. S. T. M. de abertura cuadrada para determinar su composición granulométrica y dichas mallas son las siguientes:

| | | | | |
|---------|--------|--------|---------|------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | 1/4" |
| 25.4 mm | 19.05 | 12.7 | 9.52 | 6.35 |
| No. 4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | |
| 4.76 | 2.0 | 0.42 | 0.074 | |

En los agregados para tratamiento superficial y macadam el cribado de los materiales se hará en seco hasta la malla (1/4") 6.35 mm., utili--

zando alguna de las siguientes mallas de abertura cuadrada, de acuerdo con el tamaño del agregado y normas respectivas.

| | | | | |
|---------|------|------|------|------|
| 3" | 2½" | 2" | 1½" | 1" |
| 76.2 mm | 63.5 | 50.8 | 38.1 | 25.4 |
| 3/4" | 1/2" | 3/8" | 1/4" | |
| 19.1 | 12.7 | 9.52 | 6.35 | |

En agregados de tamaño menor de (1/4") 6.35 mm., deberá hacerse el cribado en húmedo por la malla No. 40, para que el polvo adherido a las partículas se desprenda y pueda cuantificarse empleándose únicamente las siguientes mallas:

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| No. 4 | No. 8 | No. 10 | No. 40 |
| 4.76 mm. | 2.38 mm. | 2.00 mm. | 0.42 mm. |

Esto hace ver la necesidad de graduar adecuadamente los agregados para carreteras o aeropuertos, ya que esto dependerá su resistencia.

2.4. OBRAS DE ARTE.

A continuación se muestra una relación de las obras de drenaje, en la que se indica la ubicación, tipo y dimensiones tanto de las existentes que deberán prolongarse, como de las que habrán de construirse en su totalidad.

| ESTACION | TIPO | DIMENSIONES |
|------------|---------------|----------------------|
| 205+753.00 | Losa | 1.50 X 1.50 m. Prol. |
| 205+984.45 | Losa | 2.50 X 0.50 m. Prol. |
| 206+315.00 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 206+531.39 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 206+876.63 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 206+991.48 | Sifón de Tuho | 0.60 m. Ø Prol. |
| 207+110.93 | Sifón de tubo | 0.60 m. Ø Prol. |

| ESTACION | TIPO | DIMENSIONES |
|------------|---------------|----------------------|
| 207+228.82 | Sifón de Tubo | 0.60 m. Ø Prol. |
| 207+510.00 | Sifón de Tubo | 0.60 m. Ø Prol. |
| 207+695.25 | Sifón de Tubo | 0.60 m. Ø Prol. |
| 207+970.00 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 208+310.00 | Losa | 5.50 X 2.50 m. |
| 208+330.00 | Losa | 5.50 X 2.50 m. |
| 208+741.10 | Sifón de Tubo | 0.60 m. Ø Prol. |
| 208+870.00 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 210+020.00 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 210+420.50 | Losa | 2.00 X 1.25 m. Prol. |
| 211+255.00 | Tubo | 0.90 m. Ø |
| 211+562.80 | Tubo | 0.90 m. Ø |
| 211+860.00 | Tubo | 0.90 m. Ø |
| 211+712.00 | Tubo | 0.60 m. Ø |
| 211+774.10 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 211+987.45 | Tubo | 0.75 m. Ø |
| 212+228.92 | Tubo | 0.75 m. Ø |
| 213+300.00 | Tubo | 0.90 m. Ø |
| 214+414.00 | Losa | 2.00 X 1.25 m. |
| 215+221.95 | Losa | 2.00 X 1.00 m. |
| 215+740.00 | Losa | 1.00 X 0.75 m. |
| 216+349.85 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 216+700.00 | Tubo | 0.90 m. Ø |
| 217+040.00 | Tubo | 0.90 m. Ø |
| 218+320.00 | Tubo | 0.90 m. Ø |
| 218+750.00 | Tubo | 0.90 m. Ø |

| ESTACION | TIPO | DIMENSIONES |
|------------|---------------|---------------------------|
| 219+134.37 | Losa | 1.50 X 1.00 m. |
| 219+722.50 | Tubo | 0.90 m. \emptyset |
| 220+020.00 | Losa | 0.75 X 0.75 m. Prol. |
| 222+060.00 | Losa | 3.00 X 1.50 m. |
| 222+565.00 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 223+127.85 | Losa | 3.00 X 2.00 m. |
| 223+450.00 | Losa | 2.00 X 1.00 m. |
| 223+803.10 | Tubo | 0.90 m. \emptyset Prol. |
| 223+803.10 | Losa | 1.50 X 1.00 m. Prol. |
| 225+240.00 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 225+933.40 | Sifón de Tubo | 0.75 m. \emptyset Prol. |
| 226+271.60 | Losa | 1.00 X 1.00 m. |
| 226+487.65 | Sifón de Tubo | 0.45 m. \emptyset Prol. |
| 227+524.65 | Sifón de Tubo | 0.30 m. \emptyset Prol. |
| 228+078.10 | Losa | 1.50 X 0.75 m. Prol. |
| 228+823.00 | Tubo | 0.90 m. \emptyset |

Origen de Cadenamiento: Ciudad Victoria, Tamps.

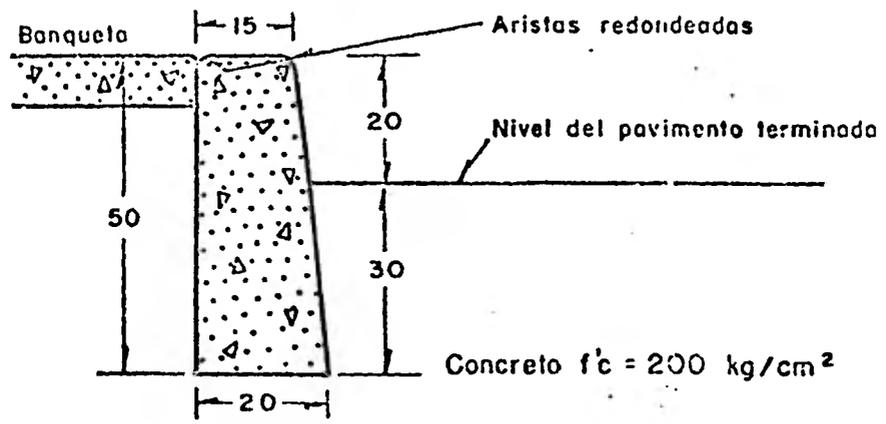
Obras Complementarias de Drenaje.- Estas comprenderán en total la construcción de aproximadamente:

36,500 m., de guarniciones laterales (bordillos) de concreto asfáltico de sección trapecial de 15 cm. en la base mayor 8 cm. en la base menor y 12 cm. de altura;

1,700 m³ de recubrimiento de cunetas con una capa de 8 cm. de espesor de concreto hidráulico de f'c = 100 Kg/cm² con agregado de tamaño de - 19 mm. (3/4");

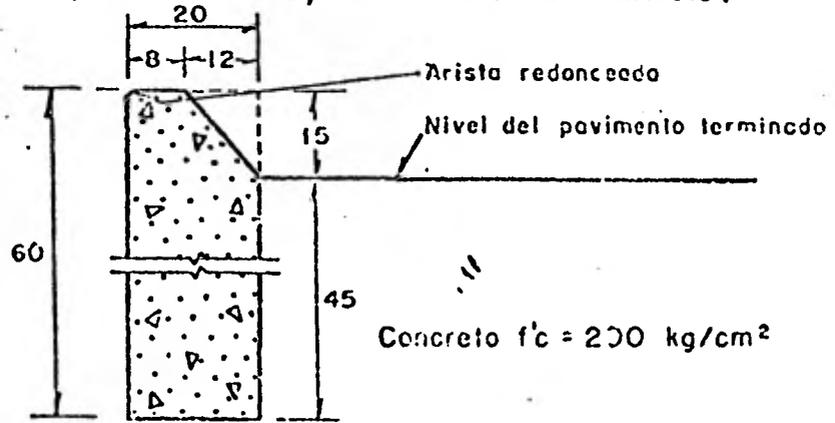
1,500 m³ de protección de contracunetas con una capa de 8 cm. de espe-

GUARNICIONES EN CAMELONES, LATERALES Y BANQUETAS



GUARNICIONES EN CAMELLON CENTRAL

(Con seto vivo, sin barrera de concreto)



Notas :

En los dos tipos de guarniciones se colocarán juntas de dilatación de cartón asfaltado de 0.3 cm de espesor, cada 6 m.

Ambos tipos de guarniciones se colorarán en el sitio

Dimensiones en centímetros

ESCALA 1:10

de suelo-cemento, y;

0 m³ de concreto hidráulico de $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ con agregado de tamaño máximo de 19 mm. (3/4") en la construcción de lavaderos.

Además, deberán construirse las guarniciones de concreto hidráulico de $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ para el camellón central y para los camellones laterales y banquetas correspondientes a las secciones de 40.00 m de ancho, para sustentar su relleno y construir las losas de concreto hidráulico de $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ de 8 cm de espesor. En la sección de 29.00 m de corona deberán construirse las guarniciones para el camellón central.

VIOS.

Las desviaciones son caminos auxiliares de carácter provisional considerados con objeto de derivar el tránsito por fuera de una obra vial para facilitar su construcción o reparación.

Durante el período de construcción de las obras el contratista estará obligado a mantener la continuidad y fluidez del tránsito carretero, para lo cual deberá proceder en la forma que en términos generales se indica a continuación.

Entre las estaciones 225 + 555 a 206 + 000, en que la ampliación a cuatro carriles se efectuará en un solo cuerpo con ancho total de corona de 29.00 metros, quedando alojado el camino actual en el lugar que ocupará el camellón central de la nueva sección, deberá dejarse libre el tránsito el camino existente en tanto se construye la ampliación de la derecha hasta su pavimentación. Si se considera conveniente, en la mayor parte de los casos podrá simultáneamente iniciarse la ampliación de la ala izquierda hasta una etapa tal que no entorpezca el libre tránsito por el camino actual.

Una vez canalizado el tránsito por la ampliación derecha y en caso ne-

cesario por parte del camino actual, se construirá o terminará hasta su pavimentación el ala izquierda.

En tanto no este terminada la pavimentación del ala derecha, se conservará en su estado actual el pavimento existente en la parte que ocupará el camellón central, para lo cual procurará evitarse el tránsito -- por dicho pavimento del equipo de construcción.

b) Entre las estaciones 229 + 100 a 225 + 555 y 206 + 000 a 205 + 000, en que la ampliación se hará a una sección de 40.00 metros de ancho total, quedando el camino actual alojado en la parte central de dicha -- sección deberá construirse hasta su pavimentación la calle lateral derecha de 7.50 metros de ancho, dejando libre al tránsito el camino actual y asegurando la vialidad en las poblaciones con las obras que -- sean necesarias.

Terminada la pavimentación de la calle lateral derecha, se canalizará por ella el tránsito y se procederá a la construcción de la calle lateral izquierda y los carriles centrales de 9.00 metros de ancho, asegurando la vialidad en las poblaciones como se indicó en el párrafo anterior.

Mientras no esté terminada la pavimentación de la calle lateral derecha deberá conservarse en su estado actual el pavimento existente, por lo que se procurará evitar que circule por él el equipo de construcción. Como en diversos lugares las tuberías de Petróleos Mexicanos cruzan -- la carretera o van paralela a ella, el contratista estará obligado a -- tomar toda clase de providencias y extremar las precauciones para evitar que sean dañadas en cualquier forma dichas instalaciones ya sea como consecuencia de la obtención de materiales del tránsito de su maquinaria o equipo o por la ejecución misma de la obra. Por lo anterior el

contratista será el único responsable de los daños que llegare a causar a esas tuberías, quedando obligado a reparar de inmediato y por su cuenta los daños ocasionados a satisfacción de la SAHOP.

Además el contratista estará obligado a extremar las precauciones para prevenir y evitar al tránsito accidentes de cualquier naturaleza, ya sea con motivo de las obras o por los movimientos de su maquinaria, -- equipo o abastecimiento de materiales; quedando así obligado a la elaboración, colocación y mantenimiento de las señales y dispositivos de protección durante la construcción de las obras.

RESUMEN:

La Planeación del proceso constructivo de la carretera Monterrey - Linares, nos lleva a analizar desde los primeros pasos de este proceso -- hasta su culminación. Se inicia con la ubicación de los bancos, analizando el material y cuantificando su volúmen total, el cual es de aproximadamente de $611,360 \text{ m}^3$ (tanto para terracerías como para pavimentos) Para su explotación es necesario hacer una selección de la maquinaria -- que se requiere usar, en este caso es: tractores, cargadores frontales y palas mecánicas (retroexcavadora); así como de camiones para su acarreo hacia la planta de tratamiento, la cual consiste en un sistema de trituradoras primarias y secundarias del tipo móvil. Una vez tratados -- los materiales se distribuyen para las terracerías y los pavimentos. Para lograr el proceso de elaboración del concreto asfáltico es necesario seguir los siguientes pasos: secado, cribado y dosificado de los materiales pétreos; calentamiento y dosificado del asfalto y por último mezclado de ambos materiales. Para las terracerías diremos, que consisten esencialmente en: base y sub-base, las cuales son los componentes de cualquier camino y que son generalmente traídas de bancos y que se colo-

can entre la carpeta de rodamiento, descansando sobre la subrasante -- la cual se apoya a su vez sobre el suelo, La carpeta de rodamiento -- nos proporciona resistencia a las fricciones y al desgaste que producen los vehículos, durante su operación, (arranque, traslado y frenaje).

III. PROGRAMA GENERAL

Este capítulo lo iniciamos con una breve definición sobre lo que es un proceso productivo y su programación. Se describen las técnicas de Planeación: Diagrama de barras, Método de la Ruta Crítica, Método Pert. Se hace la aplicación de estas técnicas al proyecto de la carretera Monterrey - Linares. Se muestra el programa general de ejecución, el programa de uso de maquinaria y el programa de recursos humanos.

3.1. ACTIVIDADES Y RECURSOS.

3.1.1. Definición de proceso productivo y su programación.

Un proceso productivo es el conjunto de trabajos que es necesario efectuar para cumplir con un objetivo.

La programación de un proceso productivo es la elaboración de tablas o gráficas en las que se muestran los tiempos de duración, de iniciación y de terminación de las actividades que forman el proceso.

3.1.2. Diagrama de Barras.

La preparación de un programa de trabajo para la ejecución de un proceso productivo de cualquier naturaleza, no constituye ninguna novedad. El programa de trabajo se acostumbra hacer con mayor o con menor detalle, antes de la iniciación de todo proceso.

La única herramienta generalmente usada hasta hace pocos años para la preparación de un programa de trabajo, era el llamado "diagrama de barras" o "diagrama de Gantt". Este programa se forma como sigue:

- a.- Se determinan cuales son los trabajos o actividades principales del proceso.
- b.- Se hace una estimación de la duración efectiva de cada actividad.
- c.- Se representa cada actividad mediante una barra recta cuya longitud es a cierta escala, la duración efectiva de cada actividad.

d.- Se hace una lista de las actividades, de manera que a cada actividad corresponda un renglón de la lista y, estableciendo un orden de ejecución de las actividades, se sitúa la barra que representa a cada actividad a lo largo de una escala de tiempos efectivos, que se coloca en la misma dirección de los renglones y que es común a todas las actividades.

e.- Se convierte la escala de tiempos efectivos en una escala de "días calendario", haciendo coincidir el origen de la escala con la fecha de iniciación del proceso. Se ajustan enseguida las posiciones de las barras que representan a las actividades, teniendo en cuenta los días no laborables (días de descanso y días festivos) y el estado probable del tiempo en las diferentes épocas del año, si dicho factor tiene importancia en la ejecución del proceso. El diagrama resultante es el diagrama de barras para el proceso.

f.- Si la fecha de terminación del proceso resulta satisfactoria, se acepta el diagrama de barras. En caso contrario, recurriendo al criterio y experiencia del personal que prepara el diagrama se desplazan las barras hacia el origen de la escala de tiempos y se reducen las longitudes de algunas de ellas.

| CONCEPTO | | 1979 | | | | 1980 | | | |
|----------|---|------------|------------|------------|------------|-------|------------|---------|--|
| | | NOVIEMBRE | | DICIEMBRE | | ENERO | | FEBRERO | |
| 1 | A | ██████████ | | | | | | | |
| 2 | B | | ██████████ | | | | | | |
| 3 | C | | | ██████████ | | | | | |
| 4 | D | | ██████████ | | | | | | |
| 5 | E | | | | ██████████ | | | | |
| 6 | F | | | | ██████████ | | ██████████ | | |

Deficiencias del diagrama de barras como método de planeación, programación y control.- La elaboración del diagrama de barras para un proceso puede refinarse para incluir mayor información respecto a la forma de ejecutarlo. Con este fin algunas personas han ideado simbolismos -- realmente ingeniosos. Sin embargo, el diagrama de barras así preparado considerado como método de planeación, programación y control presenta las siguientes deficiencias básicas:

a. Debido a la dificultad para representar la secuencia de ejecución -- de un gran número de actividades, solo es posible descomponer al proceso en actividades principales (de gran volumen o significación para el proceso). La planeación y programación de las actividades "menores" -- (que integran a las actividades principales), se deja a juicio del personal directivo secundario, encargado de la realización material del -- proceso.

b. La secuencia de ejecución de las actividades del proceso se determina durante la fase de programación, analizando cada actividad y estimando que partes de las otras actividades deben ser terminadas para -- iniciar la actividad en cuestión. Consecuentemente, la duración del -- proceso resulta una cantidad arbitraria. Además se mezclan la planeación y la programación del proceso.

c. No es posible decidir que actividades controlan la duración del proyecto, es decir todas las actividades son aparentemente iguales en importancia para definir su duración. Este hecho provoca que cuando alguna de las actividades principales incluidas en el programa se retrasa -- un cierto tiempo, se tengan únicamente dos soluciones posibles: 1.- Retrasar la terminación del proceso un tiempo estimado ó 2.- Acelerar todas las actividades para tratar de compensar el retraso y cumplir con-

el programa.

d. Por la imposibilidad de asegurar la fecha de terminación de cada actividad, en algunos procesos en que las condiciones metereológicas son de importancia, se corre el riesgo de que ocurran lluvias, nevadas etc., intensas, antes de terminar algunas actividades a las que pueden producir perjuicios serios.

e. Cuando el diagrama de barras elaborado es el único medio para hacer la planeación y la programación de un proceso es imposible prever con cierta seguridad los recursos (material, personal, equipo, capital, etc.), requeridos para realizarlo. Este hecho provoca con frecuencia, que el proceso se retrase por no tener los recursos que se necesitan en un momento dado.

Ventajas del diagrama de barras como representación de un programa.-- El diagrama de barras como representación de un programa es sin duda, una herramienta muy útil, ya que en él se muestran objetivamente las duraciones y las fechas de iniciación y de terminación posibles para cada actividad en que se considera dividido el proyecto.

3.1.3. Método de la Ruta Crítica y Método PERT.

Antecedentes de los nuevos métodos de Planeación, Programación y Control. Reconociendo las deficiencias del método tradicional (diagrama de barras), en los últimos años se han ideado dos nuevos métodos:

a.- Método de la trayectoria crítica (CPM), y

b.- Método PERT (Program Evaluation and Review Technique).

a.- El método de la trayectoria crítica (método CPM), fue desarrollado en los Estados Unidos a principios de 1957 por el Sr. Morgan R. Welker entonces miembro de la Compañía E. I. DuPont de Neumours & Co., y por el Sr. James E. Kelley, Jr., entonces investigador de la Compañía Re-

mington Rand.

El método CPM se puso a prueba por vez primera en el período 1957-58, en la construcción de una planta química para la Compañía duPont, con un valor estimado de \$ 10 000 000 (dólares). Los resultados fueron -- excelentes.

Desde 1958, el número de aplicaciones del método CPM que se han hecho en E. E. U. U. y Canadá, a problemas de muy diversa naturaleza (industrial, comercial, militar, ingenieril de cualquier clase, etc.), es -- realmente notable.

En México, el método CPM ha sido usado por diversos organismos: Desde 1961 por la Dirección General de Construcción de Edificios, SOP con -- magníficos resultados. A partir de 1962 la Comisión Federal de Electricidad lo ha adoptado para la planeación, programación y control de las grandes obras de electrificación que se realizan en el País. Lo mismo sucede con varias Compañías constructoras importantes.

b.- El método Pert fue desarrollado en los Estados Unidos en el año de 1958 por un grupo de investigadores de la firma BOOZ, Allen y Hamilton de Chicago, Illinois a solicitud de la "Special Projects Office" de la Marina de los Estados Unidos.

Actualmente en los Estados Unidos el Ejército, la Marina y la Fuerza -- Aérea, exigen la utilización del método Pert a todos los contratistas que realizan trabajos para ellos.

En México, el método Pert se ha empleado poco y no con el carácter pro babilístico con que fue concebido, sino como método equivalente al CPM. Bases de los Métodos CPM y PERT.- Enseguida se hace una descripción -- breve de los fundamentos de los métodos CPM y PERT y de los análisis -- que pueden efectuarse con ellos.

Los Métodos CPM y PERT tienen las siguientes bases:

- a.- Consideración separada de la Planeación y la Programación.
- b.- Descomposición de la planeación en dos fases: 1) Actividades componentes, 2) Secuencia de ejecución de las actividades componentes. (Más adelante se describe este proceso).
- c.- Representación de un plan mediante una gráfica de flechas.
- d.- Para el método PERT, consideración de la duración de una actividad como variable aleatoria y estimación de tres duraciones para cada actividad: Optimista, más probable y pesimista; mediante las cuales se ajusta una distribución conveniente de densidad de probabilidad para la duración de la actividad.
- e.- Análisis de la forma como aumenta el costo de una actividad al reducir su duración (duración media en el método Pert).
- f.- Análisis de los recursos (materiales, personales, equipo, capital, etc.), requeridos para cada duración posible de cada actividad.
- g.- Métodos pertinentes de la rama de las matemáticas conocida con el nombre de "Programación Lineal".
- h.- Para el método Pert, métodos estadísticos.

Análisis básico de los métodos CPM y PERT.- Una vez hecha la representación de un plan para un proceso productivo mediante una gráfica de flechas, se hace el análisis de tiempos o programación del mismo. En este análisis se supone que la longitud de cada flecha en el diagrama es: En el método CPM una duración seleccionada (de acuerdo con algún criterio) para la actividad correspondiente; en el método PERT, la duración media de la actividad correspondiente. Con base en estas longitudes, se encuentra la sucesión de flechas cuya suma de longitudes es máxima. Este valor es la duración (media, si se utiliza el método PERT) del proceso productivo en cuestión.

Las actividades de dicha sucesión se denominan críticas y a la sucesión se le llama trayectoria crítica.

Del análisis básico precedente se encuentra que salvo las actividades de un proceso productivo, pueden disponer de cierto tiempo para retrasar su terminación sin retrasar la duración del proceso. A ese tiempo se le llama "holgura total" de la actividad. El conocimiento de las holguras totales para las actividades no críticas es de gran utilidad para fijar sus tiempos de iniciación de manera que los recursos requeridos para ejecutar el proceso no excedan, en ningún tiempo durante la ejecución del proceso a los recursos disponibles.

En el método PERT además, es posible determinar las probabilidades de que se pueda terminar un determinado grupo de actividades o el proceso en conjunto, en un tiempo dado.

Gráficas y análisis que pueden hacerse utilizando los resultados del análisis básico de los métodos CPM y PERT.— Utilizando los resultados del análisis básico de los métodos CPM y PERT, es posible elaborar un diagrama de barras, representando a las actividades en orden de holgura total creciente. A partir de este diagrama y con base en los análisis de recursos requeridos para cada actividad y para cada duración es posible determinar las gráficas recursos requeridos vs. tiempo para todo el proceso en cuestión. Primeramente se supone que todas las actividades se inician tan pronto como sea posible. Se elaboran las gráficas recursos requeridos - tiempo, y si dichas gráficas muestran una distribución muy irregular o si en ciertos intervalos de tiempo muestran valores que exceden a los recursos disponibles, se retrase la iniciación de las actividades no críticas, utilizando sus holguras totales, el tiempo que se juzgue conveniente. Se vuelven a trazar las

gráficas. Si la distribución resultante de recursos es satisfactoria, se acepta el diagrama de barras correspondiente. De lo contrario se repite el procedimiento anterior.

Después de varios tanteos, este análisis puede señalar imposibilidad de realizar el proceso productivo en cuestión, en la duración resultante y con los recursos disponibles.

Si la duración del proceso productivo, determinada como la longitud de la trayectoria crítica, excede la duración deseada, hay necesidad de acelerar algunas actividades críticas. El número de combinaciones posibles de duraciones reducidas de esas actividades, puede ser infinito. Por otro lado, al reducir una duración de una actividad crítica puede cambiar la trayectoria crítica; es decir, actividades que no eran críticas se convierten en críticas y viceversa. La decisión respecto a la forma de resolver el proceso productivo puede ser a base de que el costo directo sea mínimo. El problema de determinar la solución del proceso para lograr un costo directo mínimo, es un problema de Programación Lineal paramétrica.

Actualmente la SAHOP exige la utilización de estas técnicas, diagrama de barras y Ruta Crítica, a todos los contratistas que desean participar en los concursos para la realización de sus obras, un ejemplo es esta tesis.

3.1.4. Aplicación de las técnicas de planeación a la Carretera Monterrey - Linares.

Fases de la Planeación de un proceso productivo:

- Enunciados de las actividades. - Lista
- Secuencia de ejecución de las actividades. - Tabla
- Construcción de la Gráfica de Flechas. - Ruta Crítica

- Diagrama de barras. - Programa
- Ajuste de la gráfica de flechas y del diagrama de barras
- Gráfica de flechas y diagrama de barras corregidos.

Primera Fase: Enunciado de las actividades del proceso. Con objeto de facilitar el enunciado de las actividades de un proceso productivo y de evitar la posible omisión de algunas de ellas, es recomendable proceder en la siguiente forma: Dividir el proceso en un conjunto de actividades principales o de primer orden. Subdividir en seguida a estas actividades en actividades de segundo orden y continuar así sucesivamente. Procediendo de esta manera, es evidente que la planeación y la programación de cada una de las actividades de primer orden por ejemplo, deberá hacerse considerando a esa actividad como un proceso compuesto de las actividades de segundo orden que le corresponden.

Las actividades de orden más elevado son las componentes básicas o elementales del proceso. Por otro lado a medida que el orden de una actividad decrece, aumenta la complejidad de su ejecución y por lo tanto, aumenta la responsabilidad del organismo encargado de ella.

Segunda Fase: Orden o secuencia de ejecución de las actividades del proceso. Una vez terminada la primera fase de la planeación de un proceso productivo es necesario analizar el orden en que deben ejecutarse las actividades que lo constituyen, teniendo en cuenta los requisitos del proceso mismo y las condiciones particulares de la persona o empresa que va a realizar el proceso. Para llevar a cabo ordenadamente esta fase de la planeación es recomendable preparar una tabla denominada "tabla de secuencias".

En la tabla de secuencias se escriben las descripciones de todas las actividades que constituyen el proceso como títulos de los renglones-

y de las columnas de manera que a cada actividad corresponde un solo-renglón y una sola columna. Es decir si el número de actividades es n la tabla tiene n renglones y n columnas y por lo tanto n por n casilleros.

Para formar la tabla de secuencias se siguen dos reglas:

a.- Se analiza la actividad correspondiente a cada uno de los renglones y se determina que actividades pueden hacerse inmediatamente después de terminada la actividad en cuestión. Para ésto se recorre el renglón examinando las columnas de la tabla y colocando una x en los casilleros de las columnas que corresponden a las actividades que pueden realizarse inmediatamente después.

b.- Se analiza la actividad correspondiente a cada una de las columnas y se determina que actividades deben precederle inmediatamente antes de poder iniciar en cuestión la actividad. Para ésto se recorre la columna examinando los renglones de la tabla y colocando una x en los casilleros de los renglones que corresponden a las actividades que deben ejecutarse inmediatamente antes.

La aplicación de las reglas "a" y "b" puede hacerse en cualquier orden. En ocasiones es más sencillo definir cuales son las actividades inmediatas siguientes a una actividad, que definir cuales son las actividades inmediatas precedentes a ella y viceversa. Es decir aplicar "a" puede ser más simple que aplicar "b" y viceversa.

Una vez formada la tabla puede revisarse aplicando también las reglas "a" y "b" y determinando si no hay restricciones innecesarias o si no se han omitido restricciones en el orden de ejecución de las diferentes actividades que constituyen el proceso productivo.

Tercera Fase: Construcción de la gráfica de flechas que representa a-

un plan para el proceso productivo. Para la construcción de la gráfica de flechas que representa a un plan de proceso productivo, es conveniente aunque no necesario disponer de la tabla de secuencias. Si se dispone de la tabla de secuencias la gráfica de flechas se construye como sigue:

a.- Se traza una flecha para cada actividad del proceso productivo y se coloca sobre dicha flecha el nombre o designación de la actividad.- Una vez trazada una flecha.

b.- Se lee el renglón correspondiente a la actividad cuya flecha se ha trazado. Los encabezados de las columnas a que pertenecen los casilleros que contienen x, son las actividades que pueden seguir inmediatamente a la actividad en cuestión.

c.- Se lee la columna correspondiente a la actividad cuya flecha se ha trazado. Los títulos de los renglones a que pertenecen los casilleros que contienen x, son las actividades que deben preceder inmediatamente a la actividad en cuestión.

d.- Se aplican las representaciones gráficas para un proceso productivo (conceptos geométricos básicos): para trazar las flechas que representan a las actividades inmediatamente precedentes o siguientes a la actividad cuya flecha se ha trazado.

e.- Se comprueban las secuencias volviendo a aplicar los incisos b y c para la actividad que se analiza. Si las secuencias están perfectamente representadas, se continua la construcción de la gráfica.

f.- Se numeran los nudos de la gráfica. Es conveniente aunque no necesario que para cualquier actividad, el número correspondiente al evento inicial sea menor que el número correspondiente al evento terminal. Si no se tiene la tabla de secuencias, el procedimiento anterior es --

aplicable reemplazando a los incisos b y c por un examen de la lista de actividades que constituyen el proceso, contestando para cada actividad a las dos preguntas siguientes:

b.- ¿Qué actividades pueden iniciarse inmediatamente después de la actividad en cuestión?

c.- ¿Qué actividades deben preceder inmediatamente a la actividad en cuestión?

Cuarta Fase: Elaboración del diagrama de barras del proyecto: Carretera Monterrey-Linares. Para determinar la duración de cada actividad (diagrama de barras), se tuvo que analizar:

1ª Cantidad o volúmen de obra por ejecutar. Esta cantidad se tomó de la cuantificación del programa de concurso.

2ª Materiales, maquinaria y recursos humanos para ejecutar el volúmen de obra requerido. Se analizaron los precios unitarios de cada actividad para poder determinar el rendimiento del equipo (maquinaria y recursos humanos).

Este rendimiento es variable y está en función de la actividad por desarrollar; ya que existen varios detalles que se deben tomar en cuenta para determinar uno apropiado para cada actividad. El rendimiento que se considera en este diagrama de barras es el que mas se ajusta a la realidad del funcionamiento efectivo de las máquinas.

Para obtener el número de equipo y de recursos humanos necesarios para ejecutar el volúmen de obra solicitado, se tomaron en cuenta ciertas consideraciones que van a ser determinantes en la selección y número de equipo requerido; equipo que va a estar en función de la necesidad de ejecutar una actividad en un cierto plazo, es decir, en un plazo corto se requerirá mayor equipo que en un plazo más largo.

En el programa de uso de maquinaria no se señala el número de camiones (F-600) requeridos, ya que éste quedará en función de la capacidad que tengan, ya sea la compañía que ejecute el proyecto o de algunas compañías laterales de la zona. En lo que respecta a la duración de la pro-

ducción de materiales, en ella, se incluye el tiempo de instalación de la planta de trituración, considerando como mínimo un mes.

Cabe hacer mención que en esta tesis no se muestran los precios unitarios de las actividades, ya que es un tema tan extenso que requiere -- ser tratado en forma independiente.

Para analizar el tiempo necesario para ejecutar una actividad se consideró que:

- Se trabajan 10 hrs. diarias.
- Para obtener los días efectivos se estimó que es aproximadamente el 80% de los días calendario.

Por otro lado, debemos señalar que no se hizo un programa de costos, -- porque analizar el costo de ejecución de cada una de las actividades -- es un trabajo detallado que requiere un estudio aparte, dependiendo de su magnitud, pero que siempre debemos tener presente.

RESUMEN:

Para realizar el programa de trabajo de este proyecto es preciso tener los conocimientos suficientes sobre planeación, programación y control de cualquier proceso productivo.

La herramienta usada para la preparación del programa de trabajo para este proyecto, fue el Método de la Ruta Crítica (C.P.M.), que se forma como sigue:

- a.- Considera la Planeación y la Programación en forma separada.
 - b.- Divide a la Planeación en dos fases: 1) Determinación de las actividades componentes. 2) Secuencia de ejecución de las actividades componentes.
 - c.- Representa el plan de acción mediante una gráfica de flechas.
 - d.- Analiza los recursos (materiales, humanos, equipo, etc.), requeridos para cada duración posible de cada actividad. (Diagrama de barras)
- Se hace la descripción de la forma de realizar cada uno de los conceptos señalados para lograr el programa de trabajo.

LISTA DE ACTIVIDADES

MOVILIZACION DE EQUIPO

1. Movilización de Equipo.

TERRACERIAS

2. Desmonte - cortes.
3. Préstamos - Terraplanes - Acarrees.

OBRAS DE DRENAJE

4. Obras de Drenaje.

PAVIMENTACION

5. Sub-base.
6. Base Estabilizada y Riego de Impregnación.
7. Asfaltos : FM - 1, FR - 3 y # 6.
8. Carpeta de Concreto Asfáltico.
9. Riego de Sello.

PRODUCCION DE MATERIALES

10. Agregados para: Base, Sub-base, Carpeta y Sello.

SEÑALAMIENTO

11. Señalamiento y Trabajos Diversos.

LIMPIEZA

12. Limpieza.

| ACTIVIDADES INMEDIATAS PRECEDENTES. | ACTIVIDADES INMEDIATAS SUCESIVAS. | MOVILIZACION DE EQUIPO | DESMONTE - CORTES | PRESTAMOS-TERRAPLENES-ACARREOS | OBRAS DE DRENAJE | SUBBASE | BASE ESTABILIZADA Y R.I. | ASFALTOS | CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO | RIEGO DE SELLO | PRODUCCION DE MATERIALES | SEÑALAMIENTO Y T. D. | LIMPIEZA |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|---------|--------------------------|----------|-------------------------------|----------------|--------------------------|----------------------|----------|
| MOVILIZACION DE EQUIPO | | X | | | | | | | | X | | | |
| DESMONTE - CORTES | | | X | | | | | | | | | | |
| PRESTAMOS-TERRAPLENES-ACARREOS | | | | X | | | | X | | | | | |
| OBRAS DE DRENAJE | | | | X | | | | | | | | | |
| SUB-BASE | | | | | | X | | | | | | | |
| BASE ESTABILIZADA Y R.I. | | | | | | | | X | | | | | |
| ASFALTOS | | | | | | | | | | | | X | |
| CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO | | | | | | | | | X | | X | | |
| RIEGO DE SELLO | | | | | | | | | | | | X | |
| PRODUCCION DE MATERIALES | | | | | X | | | | | | | | |
| SEÑALAMIENTO Y T. D. | | | | | | | | | | | | X | |
| LIMPIEZA | | | | | | | | | | | | | X |

TABLA DE SECUENCIAS.

CARRETERA MONTERREY - LINARES

V O L U M E N E S D E O B R A

| | | |
|---|-----------|----------------|
| DESMONTE | 4 | Ha |
| CORTES | 408,450 | m ³ |
| PRESTAMOS | 379,600 | m ³ |
| TERRAPLENES | 587,570 | m ³ |
| ACARREOS | 3'851,900 | m ³ |
| OBRAS DE DRENAJE: Excavación | 23,590 | m ³ |
| O. D. | 6,075 | m ³ |
| | 510 | m ¹ |
| SUB-BASE | 97,980 | m ³ |
| BASE ESTABILIZADA | 93,330 | m ³ |
| ASFALTOS: FM - 1 | 754,000 | Lts. |
| FR - 3 | 1'044,000 | lts. |
| # 6 | 4'331,000 | Kg |
| CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO | 34,650 | m ³ |
| SELLO | 5,800 | m ³ |
| TRABAJOS DIVERSOS: Guarniciones | 74,750 | m |
| Lavaderos | 4,400 | m ³ |
| Bordillos | 36,500 | m |
| POSTES DE SEÑALAMIENTO | 1,200 | Pzas. |
| CEMENTO PORTLAND TIPO 1 | 5'879,800 | Kg |
| ADITIVOS | 58,970 | lts |
| MATERIALES PETREOS PARA TRITURACION (231,760) 40 % | 92,704 | m ³ |

TABLA DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| TRACTOR D - 8 | 140 m ³ /hr |
| RETROEXCAVADORA 3/4 yd ³ | 25 m ³ /hr |
| REVOLVEDORA | 1.5 m ³ /hr |
| VIBRADOR | 0.75 m ³ /hr |
| MOTOCONFORMADORA | 140 m ³ /hr |
| COMPACTADOR PATA DE CABRA 815 | 150 m ³ /hr |
| CARGADOR 2.5 yd ³ | 70 m ³ /hr |
| COMPACTADOR CA - 25 | 80 m ³ /hr |
| PETROLIZADORA | 1,400 lts/hr |
| CARGADOR 3.5 yd ³ | 100 m ³ /hr |
| ESPARCIDOR SA - 25 | 18 m ³ /hr |
| PLANCHA 3 - R | 18 m ³ /hr |
| PLANCHA TANDEM | 18 m ³ /hr |
| GUARNICIONERA | 200 m/turno |
| CAMION PLATAFORMA | |
| CAMION F - 600 | |

CONCEPTOS

DIAGRAMA DE BARRAS

| ACTIVIDAD | DESCRIPCION | CANTIDAD | TIEMPO NECESARIO (DIAS) | AGOS. 79 | SEP. 79 | OCT. 79 | NOV. 79 | DIC. 79 | ENE. 80 | FEB. 80 | MAR. 80 | ABR. 80 | MAY. 80 | JUN. 80 | JUL. 80 | AGOS. 80 | SEP. 80 | OCT. 80 | NOV. 80 | DIC. 80 | ENE. 81 | FEB. 81 | MAR. 81 | ABR. 81 | MAY. 81 | JUN. 81 | JUL. 81 |
|-------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | 31 | 31 | 30 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| TERRACERIAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Desmonte | 4 Ha | 304.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Cortes | 53.360 m ³ | 45.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Cortes P/Despalme de Terraplenes | 25.070 m ³ | 91.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Excavación A - 1 | 125.130 m ³ | 120.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Excavación A - 2 | 79.480 m ³ | 89.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Excavación O - 1 | 40.080 m ³ | 61.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Excavación O - 2 | 3.910 m ³ | 31.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Excavación A | 7.930 m ³ | 31.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Excavación B | 2.490 m ³ | 31.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Préstamos B - 1 | 20.000 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Préstamos B - 2 | 21.000 m ³ | 32.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Préstamos B - 3 | 31.000 m ³ | 39.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Préstamos B - 4 | 39.600 m ³ | 39.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Préstamos B - 5 | 35.000 m ³ | 61.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Préstamos B - 6 | 20.000 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Préstamos B - 7 | 13.000 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Préstamos B - 8 | 37.000 m ³ | 61.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Préstamos B - 9 | 60.000 m ³ | 61.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

U. N. A. M.
 E. N. E. P. "ACATLAN"
 CARRETERA MONTERREY-LINAPES
 TESIS PROFESIONAL
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 MONTERREY, N.L.

CONCEPTOS

DIAGRAMA DE BARRAS

| ACTIVIDAD | DESCRIPCION | CANTIDAD | TIEMPO NECESARIO (DÍAS) | AGOS. 79 | SEP. 79 | OCT. 79 | NOV. 79 | OC. 79 | ENE. 80 | FEB. 80 | MAR. 80 | ABR. 80 | MAY. 80 | JUN. 80 | JUL. 80 | AGOS. 80 | SEP. 80 | OCT. 80 | NOV. 80 | DIC. 80 | ENE. 81 | FEB. 81 | MAR. 81 | ABR. 81 | MAY. 81 | JUN. 81 | JUL. 81 | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|-------------------------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|-----|
| | | | | 31 | 61 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | 450 | 480 | 510 | 540 | 570 | 600 | 630 | 660 | 690 | 720 | 750 | 780 |
| TERRAPLENES 15 - 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Compactación del T.H. para 90% A - 2 | 16000 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Compactación de las camas/cortas para 100% B - 4 | 24420 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Compactación de terraplenes existentes para 100% C - 4 | 20080 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Formación y compactación de terraplenes adicionales 90% A - 2 | 163400 m ³ | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | IDEM P/ 95% A - 3 | 184220 m ³ | 92.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | IDEM P/ 100% A - 4 | 156350 m ³ | 91.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Formación y compactación de terraplenes de relleno P/ formar la sub-camada C - 4 | 22920 m ³ | 33.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CANALES 15 - 09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | Excavación para canales de entrada y salida a obras de drenaje E - 1 | 2300 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Excavación para contrasacatas E - 2 | 9400 m ³ | 91.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ACERDOS PARA TERRACERIAS 15 - 09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Transporte de materiales en distancia hasta (5) estaciones A | 137100 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | IDEM en distancia hasta (5) hectáreas B | 124200 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | IDEM en distancia de más de (5) hectáreas C | 330600 m ³ | 242.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GERAS DE DRENAJE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS 44 - 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | Excavación para estructuras "H" | 5630 m ³ | 92.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RELLENOS 44 - 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | rellenos para la protección de OO "O" | 1160 m ³ | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

U. N. A. M.
 E. N. E. P. "ACATLAN"
 CARRETERA MONTERREY-LINARES
 TESIS PROFESIONAL
 CRESPECIANO JESUS GUILLOTIN MORALES
 MEXICO D.F. MARZO 1981

CONCEPTOS

DIAGRAMA DE BARRAS

| ACTIVIDAD | DESCRIPCION | CANTIDAD | TIEMPO NECESARIO (DIAS) | AGOS. 79 | SEP. 79 | OCT. 79 | NOV. 79 | DC. 79 | ENE. 80 | FEB. 80 | MAR. 80 | ABR. 80 | MAY. 80 | JUN. 80 | JUL. 80 | AGOS. 80 | SEP. 80 | OCT. 80 | NOV. 80 | DIC. 80 | ENE. 81 | FEB. 81 | MAR. 81 | ABR. 81 | MAY. 81 | JUN. 81 | JUL. 81 | |
|-----------|---|---------------------|-------------------------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | Rellenos en camellones y banquetas - comp. 90 % | 9000 m ³ | 104.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MAMPOSTERIAS 44 - 05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | Mampostería de 3a. clase a cualquier altura | 2480 m ³ | 122.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ZAMPEADOS 44 - 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | Zampeados a cualquier altura de mampostería de 3a. clase | 370 m ³ | 31.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CONCRETO HIDRAULICO 44 - 07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Concreto hidráulico colado en seco de f'c = 100 Kg/cm ² en O. D. | 165 m ³ | 62.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | IDEV de f'c = 150 Kg/cm ² en O. D. | 310 m ³ | 31.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | IDEV de f'c = 150 Kg/cm ² en losa P/bang. | 2600 m ³ | 135.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | IDEV de f'c = 200 Kg/cm ² en O. D. | 150 m ³ | 15.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ACEITE PARA CONCRETO HIDRAULICO 44 - 08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | Acero de refuerzo varillas de límite elástica de 2,320 Kg/cm ² | 42000 Kg | 257.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ALCANTARILLAS TUBULARES DE CONCRETO 44 - 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | Tubería de concreto reforzado f'c = 280 Kg/cm ² de 90 cm de Ø | 300 m | 153.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | Tubería de asbesto - cemento O - M de 90 cm. de Ø | 35 m | 28.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | IDEV de 45 cm. de Ø | 90 m | 89.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | IDEV de 60 cm. de Ø | 55 m | 30.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | IDEV de 75 cm. de Ø | 30 m | 15.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TRABAJO DIVERSOS 44 - 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | Juagüiones de concreto hidráulico colado en su lugar de f'c = 200 Kg/cm ² de 1100 cm de secc. camellón cent. | 47450 m | 121.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | IDEV de la f'c = 200 Kg/cm ² de 875 cm de secc. camellón lateral y banquetas | 22200 m | 82.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

U. N. A. M.
 E. N. E. P. "ACATLAN"
 CARRETERA MONTERREY-LINARES
 77515 PROFESIONAL
 C. R. GONZALEZ GONZALEZ MATEO
 MAR 1981

CONCEPTOS

DIAGRAMA DE BARRAS

| ACTIVIDAD | DESCRIPCION | CANTIDAD | TIEMPO NECESARIO (DIAS) | AGOS. 79 | SEP. 79 | OCT. 79 | NOV. 79 | DIC. 79 | ENE. 80 | FEB. 80 | MAR. 80 | ABR. 80 | MAY. 80 | JUN. 80 | JUL. 80 | AGOS. 80 | SEP. 80 | OCT. 80 | NOV. 80 | DIC. 80 | ENE. 81 | FEB. 81 | MAR. 81 | ABR. 81 | MAY. 81 | JUN. 81 | JUL. 81 | |
|-------------------------------|--|----------------------|-------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| | | | | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 28 | 31 | 31 | 30 | 27 | 30 | 31 | 30 | 28 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 |
| 48 | Bordillos de concreto asfáltico de 138 cm de secc. | 36500 m | 174.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | Recubrimientos de cunetas de concreto hidráulico de f'c = 100 Kg/cm ² 3/4" | 1200 m ³ | 92.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | Protección de contracunetas con suelo cemento | 1500 m ³ | 91.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | lavaderos de f'c = 100 Kg/cm ² 3/4" | 1200 m ³ | 53.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PAVIMENTACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUB-BASES 62 - 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | Sub-base compactada al 100% del banco No. 1 a 3200 m a la izquierda de - | 79380 m ³ | 274.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | IDEV del banco No. 2 a 3100 a la izquierda est. 215 + 890 | 11540 m ³ | 92.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | IDEV del banco No. 3 a 2800 m a la izquierda de est. 225 + 800 | 7960 m ³ | 31.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MATERIALES ASFALTICOS 62 - 07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | Asfaltos rebajados empleados en riegos a) Asfaltos PV-1 riego de impregnación | 754000 lt | 342.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | IDEV b) Asfaltos FR - 3 riego de lija | 232000 lt | 121.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | IDEV c) Asfaltos FR - 3 riego de sello | 512000 lt | 219.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | Cementos asfálticos en concreto asfáltico: cemento asfáltico No. 6 | 331000 Kg | 309.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | Aditivos: a) Para asfaltos rebajados PV - 1 | 15660 lt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | Aditivos: b) Para asfaltos en caliente | 43310 lt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTABILIZACIONES 62 - 09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | Base estabilizada con cemento portland tipo 1 del banco No. 1 a 3200 m a la izquierda est. 215 + 890 | 24660 m ³ | 281.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | IDEV c) del banco No. 2 a 3100 m a la izquierda est. 215 + 890 | 18670 m ³ | 21.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | Cemento portland para estabilización al cemento portland tipo 1 | 6279800 Kg | 342.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

U. N. A. M.
E. N. E. P. "ACATLAN"
CARRETERA MONTERREY-LINARES
TESIS PROFESIONAL
CARRERON JOSE GUILLERMO MORA
MEXICO D.F. NOV-1980

CONCEPTOS

DIAGRAMA DE BARRAS

| ACTIVIDAD | DESCRIPCION | CANTIDAD | TIEMPO NECESARIO (DIAS) | AGO. 79 | SEP. 79 | OCT. 79 | NOV. 79 | DIC. 79 | ENE. 80 | FEB. 80 | MAR. 80 | ABR. 80 | MAY. 80 | JUN. 80 | JUL. 80 | AGOS. 80 | SEP. 80 | OCT. 80 | NOV. 80 | DIC. 80 | ENE. 81 | FEB. 81 | MAR. 81 | ABR. 81 | MAY. 81 | JUN. 81 | JUL. 81 |
|-----------|--|-----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RIEGO DE IMPREGNACION 62 - 09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64 | Barrido de la superficie | 61 Ha | 350.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO 62 - 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | Carpeta de concreto asfáltico del banco No. 1 a 3200 a lza. est. 215 + 800 | 34500 m ³ | 343.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RIEGO DE SELLO 62 - 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 66 | Riego de sello del banco No. 1 a 3200 m a lza. de est. 215 + 800 | 5900 m ³ | 327.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ACARRIENDOS DE MATERIALES PARA PAV 62-16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67 | Acarreos de materiales petreos p/pav. a) cuando el vol. acarreado p/sub-basas y b) cuando el vol. acarreado para riego de sello. | 424300 m ³ | 795.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | IDEM b) cuando el vol. acarreado para riego de sello. | 63800 m ³ | 62.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69 | Acarreos de materiales petreos utilizados en mezclas asfálticas a) cuando el vol. acarreado se determina | 378400 m ³ | 113.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SEÑALAMIENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | Fantasma de concreto hidráulico | 1200 Pzas | 174.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71 | Postas de kilometraje y N° de carret. | 6 Pzas | 22.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

U. N. A. M.
E. N. E. P. "ACATLAN"
CARRETERA MONTERREY-LINARES
TESIS PROFESIONAL
Crescenciano Jesús Gutiérrez Moreno
México D.F. nov-1980

IV. CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra la necesidad de apoyarse en la planeación para organizar y programar los recursos disponibles y así desarrollar un proyecto de la forma más adecuada y conveniente.

Para planear la ampliación de la carretera Monterrey-Linares, se tuvo que hacer una serie de alternativas a seguir para llegar a la que más se ajustará a las necesidades demandadas para lograr su ejecución.

Realizar o trazar la ruta crítica en proyectos similares a este presenta ciertas inconveniencias, ya que no es fácil realizar la mejor trayectoria crítica en el primer intento y es necesario hacer varias iteraciones. Por otro lado, realizar los programas no solo implica el análisis de los datos de proyecto sino que es necesario analizar los precios unitarios de cada concepto para poder estimar el rendimiento mínimo adecuado para cada actividad, y así poder determinar el tiempo requerido para cumplir o cubrir en su totalidad la actividad correspondiente. Por ejemplo hubo actividades a las que se les determinó cierto rendimiento, dando por consecuencia una duración "X", pero que al hacer el diagrama de barras, éste excedía a la duración deseada. Por lo tanto, se tuvo la necesidad de acelerar otras actividades y algunas que no eran críticas se convirtieron en actividades críticas y viceversa.

En sí para desarrollar estos programas, es necesario considerar en forma conjunta todos los recursos humanos y materiales que se requieren, pues considerarlos en forma individual sería muy incierto y problemático; ya que como la Planeación es el proceso que sirve como medio o instrumento para lograr un objetivo, éste último requiere de un análisis completo de los recursos disponibles para llegar a él.

Dominar todos estos aspectos implica tener una habilidad y experiencia en el manejo de las técnicas de la Planeación, para poder cumplir con los volúmenes de obra y tiempo de ejecución de las actividades

que se presentaron en el programa inicial. Es decir, valernos de la Planeación como un instrumento de actualización y revisión de las actividades, ante modificaciones que llegaran a surgir ya en la realización del proyecto.

Se hace hincapié en la Planeación de las actividades por realizar, - ya que se cuenta con dos programas básicos: el programa de concurso y el programa real de ejecución. Este trabajo hace referencia a éste último.

Se consideraron 12 actividades fundamentales por ejecutar en un tiempo de "21 meses" es decir, de Agosto de 1979 a Abril de 1981. Para determinar la secuencia y duración de las actividades, se hicieron - varias iteraciones de tal manera que se cumpliera el tiempo programado de ejecución. Para ello se analizó la maquinaria adecuada y se - trazaron varias trayectorias críticas, en las cuales las variables - fueron la secuencia y duración de las actividades. Esto es debido a que ya en la realización de la obra, surgieron imprevistos ocasionados por factores meteorológicos; así como otros problemas relativos a trabajar con tránsito intenso, así también en lo que respecta a la utilización apropiada de la maquinaria. Por otro lado ciertas actividades independientes del programa, como por ejemplo la construcción de los puentes en los cruces con los arroyos, sufrieron demoras no contempladas en el proyecto inicial.

Todos estos problemas ocasionaron por lo tanto, retrasos en el tiempo de ejecución de las actividades del programa. Al mencionar todos estos imprevistos nos damos cuenta de la necesidad constante de la - aplicación de la Planeación al ejecutar un proyecto, ya que éste no solo implica considerar sus actividades principales sino una serie - de factores que se deben de tomar en cuenta para estar ajustando - - constantamente su programa, es decir debemos hacer revisiones periódicas del programa de construcción para llevarlo hasta su terminación de tal forma que lo ejecutemos en el tiempo acordado.

Para concluir podemos decir que si se contemplan los pasos que seguimos para la realización de este trabajo, los cuales podemos aplicar a cualquier proyecto, tendremos que su ejecución se hará de la forma más óptima en cuanto a recursos requeridos y tiempo se refiere.

Secuencia para la Realización del Proyecto:

1.- Solicitud de Información.- Se debe recopilar la información necesaria referente al proyecto tal como: programa inicial, catálogo de precios unitarios, programa de maquinaria, planos de proyecto, planos de localización, etc.

2.- Visita a la Obra.- Se debe de realizar, como en este caso, una visita al lugar donde se realizará el proyecto para tener un panorama general de las características del sitio, las cuales nos permitirán localizar ciertos lugares estratégicos para la ubicación tanto de campamentos como de maquinaria, materiales, etc.; así como la localización de los probables bancos de préstamo. Además de que nos permitirá conocer la situación física del terreno, es decir, las condiciones climatológicas y del relieve; lo que nos dará un criterio para poder analizar las diversas alternativas que cumplan con el objetivo del proyecto.

3.- Análisis de la Información.- Después de recopilar la información y efectuar la visita a la obra, hay que analizar la información con que se cuenta. Se debe de analizar el programa inicial o de concurso, es decir, checar este programa y hacer uno real de ejecución. Este programa presentará modificaciones con respecto al inicial ya que se tomarán todas las consideraciones que se hubiesen omitido. Se analizarán los precios unitarios de cada uno de los conceptos o actividades por realizar, determinando su rendimiento tanto a la maquinaria como a los recursos humanos; además se hará un análisis adecuado de la secuencia de ejecución de las actividades.

4.- Alternativas de Solución.- Se hará un primer programa de ejecución de tal manera que se siga una secuencia lógica de las actividades y -- que esta secuencia cumpla con el plazo fijado de iniciación y terminación de la obra, en dado caso de que no fuera así, se harán varias alternativas hasta que se tenga la óptima, es decir, un "Programa de Ejecución".

5.- Ruta Crítica.- Una vez que se tiene el programa de ejecución, se procede a construir la ruta crítica del proyecto, es decir, la trayectoria con que deben ejecutarse las actividades de acuerdo con su secuencia lógica, determinando sus duraciones, holguras, fechas de iniciación y terminación de cada una. Una vez concluida esta etapa, se procede al ajuste del programa de ejecución de tal manera que quede -- ahora si el "Programa Real de Ejecución".

6.- Programas de Maquinaria y de Recursos Humanos.- Cuando ya se tiene el Programa Real de Ejecución, considerando que ya no variará, se procede a formar los programas de maquinaria y de recursos humanos, tomando en cuenta los volúmenes de obra por ejecutar en cada día, semana o mes, según sea su representación; en este caso se muestra en "meses". Para hacer estos dos programas es necesario considerar los rendimientos óptimos de los recursos humanos y de la maquinaria empleada para -- cumplir con los volúmenes de obra demandados.

7.- Ejecución del Proyecto.- Ya que se hayan cumplido todos los pasos mencionados, se procede a la ejecución del proyecto. Cabe hacer mención que todos estos pasos son los ideales, pero en la realidad, como ya hemos mencionado anteriormente, se presentan ciertas situaciones -- fuera de orden por lo que debemos de estar ajustando constantemente -- nuestro programa, es decir, debemos de efectuar revisiones periódicas del programa para realizarlo en el tiempo previsto.

B I B L I O G R A F I A

1. R. L. Peurifoy, **Métodos, Planteamiento y Equipo de Construcción.**
2. C. I. C. A. C., **Movimiento de Tierras.**
(Colegio de Ingenieros Civiles, A. C.).
3. S. A. H. O. P., **Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.**
4. S. A. H. O. P., **Especificaciones Generales de Construcción de -
Carreteras.**
5. S. A. H. O. P., **Especificaciones de Planeación y Obras Viales.**
Boletín Técnico I y II. Dirección General de Análisis de Inver-
siones.
6. M. Rodríguez Caballero, **Métodos Modernos de Planeación, Progra-
mación y Control de Procesos Productivos.**
7. R. L. Martino, **Administración y Control de Proyectos.**
8. D. D. F., **Manual de Operación de la Planta de Asfalto del Depar-
tamento del Distrito Federal.**
9. S. A. H. O. P., **Caminos y Desarrollo. México 1925 - 1975.**
10. I. C. A. (Ingenieros y Arquitectos S. A.). **Catálogo de Precios-
Unitarios para la obra No. 79 - 22 - IC9968 - 1**
(Carretera Monterrey - Linares, Tramo Villa de Allende - Monte-
morelos).
11. S. A. H. O. P., **Dirección General de Carreteras Federales. Pro-**

grama de Actividades para la construcción de la Carretera Monte-
rrey - Linares (Tramo Villa de Allende - Montemoralos).