

4481

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

PLANEACION GENERAL DE LA CONSTRUCCION  
DE LA CARRETERA PIRAMIDES - TULANCINGO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A

JOSE LUIS GUERRERO LUTTEROTH



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.



FACULTAD DE INGENIERIA  
Depto. de Exams.Profs.  
Núm.40-  
Exp.Núm.40/214.2/1.-

Universidad Nacional  
Autónoma de  
México

Al Pasante señor Luis GUERRERO LUTTEROTH  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Saturnino Suárez F., para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

PLANEACION GENERAL DE LA CONSTRUCCION DE LA CARRETERA  
PIRAMIDES-TULANCINGO

"A partir de los datos de proyecto, el sustentante deberá planear todos los trabajos a saber:

- a) Obras de drenaje
- b) Puentes
- c) Terracerías
- d) Sub-base y base
- e) Pavimentación

Deberá determinar los procedimientos a usarse, la maquinaria, Obra de Mano y materiales necesarios, así como los programas de cada una de las etapas.

Por último, deberá preparar un programa general de ejecución de la obra en el que se incluirán su ruta crítica, programa de barras y programa del equipo necesario."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPINITU"  
México, D.F. 20 de Febr. de 1970.  
EL DIRECTOR

  
Ing. Manuel Paulín Ortíz

  
MPO:MMO:e:ag

## INTRODUCCION

La construcción de vías terrestres de comunicación originan uno de los más arduos problemas de la ingeniería. A través del tiempo se deja ver la enorme preocupación de los pueblos por tener mejores accesos y es obvio, que el progreso está ligado con los sistemas de comunicación, en forma especial, la terrestre.

México se encuentra actualmente construyendo, al máximo de su capacidad económica, una extensa red de caminos de todas categorías, desde los más modestos de tipo vecinal, hasta los de cuota, de altas especificaciones. Este formidable impulso constructor, factor básico en el desarrollo del país, se inició hace 40 años aproximadamente; es interesante recorrer, aunque sea someramente la evolución de la red de caminos en México desde la época precortesiana hasta nuestros días pudiéndose aquilatar conforme a dicho desarrollo, algunos de los momentos históricos más importantes de nuestro país.

El 1er. camino construído en México se inició en 1522, cuando Cortés encomendó a Alvaro López la apertura de una ruta entre México y Veracruz, que llegaría a ser durante los albores de la Colonia, el más importante mismo al que años más tarde, en 1803, el Barón de Humbolt, llamaría "El camino a Europa". Al finalizar la Colonia, México contaba con un buen número de caminos-carreteras y de herradura que sumaban respectivamente, si hemos de atenernos a las cifras que nos consigna la Historia, a 7 605 Km. y 19 720 Km., variando su estado de conservación de acuerdo a su importancia y uso.

El General Porfirio Díaz creó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas construyendo el edificio que ocupara durante muchos años. Dicha creación se realizó el 13 de mayo de 1891, al segregar de los numerosos ramos de la Secretaría de Estado y del Departamento de fomento, los de Comunicaciones y Obras Públicas. El presidente Díaz expidió una ley estableciendo un impuesto sobre la gasolina, el cual se destinó a construir, conservar y mejorar los caminos, tarea para la cual se creó la Comisión Nacional de Caminos.

Posteriormente se incrementó la construcción de Caminos en México, cuando en 1949 se estableció la asociación Mexicana de Caminos, como una filial de la International Road Federation, organización mun

dial destinada al fomento de las carreteras y su buen uso.

Al finalizar el gobierno del Lic. Miguel Alemán, se otorgó a la Constructora del Sur S. A., la concesión de construir y operar la carretera de cuota México-Cuernavaca. El Sr. Ruiz Cortines adquirió para el Gobierno Federal las acciones de dicha compañía, poniéndole por nombre Caminos Federales de Ingresos, la que, en el período de gobierno del Lic. Adolfo López Mateos, asumió la forma actual, recibiendo el nombre de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, organismo que se ocupa de la operación y mantenimiento de caminos de cuota, autopistas, puentes y transbordadores, dando se así un empuje mayor a los caminos y vías terrestres de comunicación en México.

La presente tesis tratará de la construcción de la carretera San Martín Pirámides-Tulancingo.

Esta carretera con valor de \$ 28 535 000.00 se inició en el mes de abril de 1969 y consiste en la construcción de terracerías, obras de arte y pavimentación. Se inicia en el Km. 29 + 465 y termina en el Km. 84 + 059, con origen de cadenamiento en el entronque Morelos de la Carretera directa México-Pachuca.

## INDICE

### INTRODUCCION

### PRIMER CAPITULO

Datos de Proyecto

### SEGUNDO CAPITULO

Obras de Drenaje

- 2.1) Antecedentes
- 2.2) Localización y diseño de obras de drenaje
- 2.3) Fijación de puntos obligados por el drenaje
- 2.4) Tipos de drenaje
- 2.5) Localización de algunas obras de drenaje
- 2.6) Análisis de material para alcantarilla de tubo
- 2.7) Análisis de la fábrica de tubo

### TERCER CAPITULO

Especificaciones

- 3.1) Especificaciones generales
- 3.2) Especificaciones complementarias

### CUARTO CAPITULO

Terracería

- 4.1) Definición de conceptos
- 4.2) Procedimiento de construcción
- 4.3) Organización del frente de terracería

### QUINTO CAPITULO

Pavimentación

- 5.1) Definición de conceptos
- 5.2) Procedimiento de construcción
- 5.3) Localización de bancos de material destinado a la formación de la sub-base y base
- 5.4) Obtención del material destinado a la formación de la carpeta
- 5.5) Organización y programa

## **SEXO CAPITULO**

### **Programa general de ejecución de la obra**

- 6.1) Organización**
- 6.2) Planeación general de la construcción del camino**
- 6.3) Análisis de recursos**
- 6.4) Presupuesto y programa**

## **BIBLIOGRAFIA**

## DATOS DE PROYECTO

Los factores fundamentales para la elaboración de un proyecto, son el producto de las necesidades de comunicar 2 ó más ciudades importantes, creando la zona de influencia del camino.

Los factores importantes a considerar son:

Velocidad.-

Este es un factor determinante de proyecto y de ella dependen las especificaciones geométricas.

Debe estudiarse por velocidad para fines de proyecto y la máxima rapidez que puede mantenerse más o menos uniformemente en el camino ó a tramo de camino, dentro de la seguridad y durante los períodos de poco tránsito.

Es fácil comprender que la velocidad es un factor que determina el costo del camino y que para obtener costos mínimos debe limitarse la velocidad que afecta a la pendiente, curvatura, visibilidad, ancho de la corona, etc.

La velocidad de operación de ésta carretera es de 110 Km. p.h.

Definamos algunos de los factores que son afectados por la velocidad del proyecto.

Visibilidad: Es la longitud de camino que en condiciones normales alcanza a ver el automovilista, cuando no hay circunstancias especiales que interfieran, lluvia o bien, vehículos delanteros. El conductor necesita 2 clases de visibilidad:

- 1.- La necesaria para parar.
- 2.- La que requiere para rebasar otro vehículo.

La visibilidad necesaria para parar es la distancia necesaria para detener un vehículo ante un objeto que inesperadamente aparece en el camino, es proporcional a su velocidad.

La pendiente del camino afecta a la distancia necesaria para parar, alargándola de bajada y acortándola de subida. El efecto de la pendiente, que es muy notable en las cuestas, es mucho menor en las cimas de las curvas verticales y casi despreciable para pendientes menores de 6% y velocidad abajo de 90 Km. p.h.

La Secretaría de Obras Públicas, en sus especificaciones generales para proyecto geométrico de caminos, 1958, utiliza una fórmula para

obtener la visibilidad de parada, empleando un coeficiente de fricción que varía de 0.536 a 0.400 y tiempos de reacción del conductor de 3 a 2 segundos.

Visibilidad necesaria para rebasar un vehículo de acuerdo con la A.A.S.H.O.; esta visibilidad es la mayor distancia a la cual un conductor cuyos ojos se encuentran a una altura aproximada de 1.37 m. sobre el piso, puede ver la parte superior de un objeto, a la misma altura de sus ojos, situado en el camino. Esta distancia debe ser tal que permita al conductor rebasar un vehículo con seguridad y comodidad sin encontrarse con otro en sentido contrario, después de que haya iniciado la maniobra de rebase. Intervienen en el cálculo diversos factores como son: el tiempo de reacción del conductor, la velocidad de su vehículo, la velocidad del vehículo que rebasa y la distancia recorrida en sentido contrario por el vehículo que se tiene al frente por lo tanto la determinación de la distancia de la visibilidad de rebase es compleja.

El número de vehículos que puede transitar por un camino a una velocidad determinada varía con las especificaciones geométricas del mismo.

#### Zona de Influencia.-

Cada camino tiene una zona de influencia o sea una área circundante, dentro de la que generalmente es seleccionado ese camino para viajar por él, por resultar más económico hacerlo que por cualquier otro.

Los límites de la zona de influencia entre caminos próximos de iguales características, son los linderos imaginarios que la dividen y a los lados de los cuales cuesta lo mismo transitar por cualquiera de ellos.

La determinación de la zona de influencia de un camino, es la base primordial del estudio del tránsito.

Para lograr que el camino tenga el mejor y más económico acomodo en el terreno y esté debidamente protegido contra la acción destructora del agua, que es su peor enemigo, se recurre primero a la localización y enseguida al proyecto incluyendo en este las Obras de Drenaje.

La localización tiene por objeto fijar los puntos obligados de

tro de la ruta del camino.

Antes de proceder a la localización es preciso definir la ruta, tomando en cuenta las poblaciones y rancherías que tocará el camino, las zonas ganaderas, agrícolas e industriales; los sitios atractivos para el turismo, etc.

Una vez fijados todos los puntos principales de la ruta, se procede a la localización de los puntos obligados intermedios, dependientes de la topografía del terreno, de sus características físicas o geológicas, tales como puertos, cruces de ríos y los necesarios para evitar pantanos, médanos, etc.

La mejor localización de un camino es la que con el menor costo de construcción, produce el mínimo costo de operación del tránsito actual del camino, del que tendrá un futuro de 10 años, sin necesidad de modificaciones de importancia.

Después de haber efectuado la planeación, se procede a los trabajos de construcción de la carretera. Dichos trabajos se deben apegar a las condiciones y requisitos que establecen las Especificaciones Generales de la Construcción y las Especificaciones Complementarias del Proyecto.

El Procedimiento para la construcción de un camino, consiste en modificar el perfil natural de la superficie terrestre, dándole una forma geométrica, ideal para la circulación de los vehículos y así poder comunicar 2 ó más poblaciones entre sí.

Los trabajos por efectuar en la Carretera San Martín Pirámides-Tulancingo, comprenden en términos generales la construcción de terracerías, obras de arte y pavimentación.

## OBRAS DE DRENAJE

### 2.1) ANTECEDENTES.

El agua es el principal agente destructor de los caminos, siendo factor esencial dotarlos de defensas que impidan o aminoren al máximo los perjuicios que ella ocasiona.

Las principales obras de drenaje o protección son las alcantarillas o puentes que se construyen en el cruce de la carretera con : arroyos, ríos o corrientes; así como también contra-cunetas que son canales de sección determinada de acuerdo con el área que drenan y se construyen en el lado aguas arriba de la carretera, teniendo por objeto impedir que el agua afecte el camino.

Las cunetas que son unas zanjas de sección determinada construídas en uno o ambos lados de la corona en los cortes, destinados a recoger y encauzar hacia afuera del corte el agua que escurre de la superficie de la corona, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

Cuando falten alcantarillas se pueden usar tubos de concreto, de acero corrugado, etc. los diámetros de éstas estructuras deberán ser de acuerdo con el gasto máximo de la corriente.

Las contra-cunetas deberán hacerse en las partes altas hacia las partes bajas con el objeto de que el agua escurra a la parte donde desemboca la misma, el agua deberá encauzarse a las alcantarillas o puentes para que no cruce sobre la carretera.

Se deberá también encauzarse por medio de mamposterías o zampeos para que el agua se desvíe hacia los arroyos.

Las guarniciones tienen por objeto encauzar el agua hacia las alcantarillas no permitiendo el escurrimiento por otros lugares.

### 2.2) LOCALIZACION Y DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE.

Para la localización de obras de drenaje, se hará un cálculo aproximado del número de alcantarillas agrupándolas por su tipo y su tamaño; tubos, lozas, bóvedas, etc. y especificando si son obras definitivas, semidefinitivas o provisionales. Se harán también anotaciones respecto a los ríos y arroyos de cierta importancia, calculando aproximadamente la longitud de los puntos necesarios y su tipo.

Para los caminos de 3er. orden la apreciación sobre el número de obras provisionales y características.

El objeto fundamental del drenaje es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma puede perjudicar el camino, esto se logra evitando que el agua llegue a él o bien dando salida a la que inevitablemente le llega.

A veces se destinan obras semejantes a las de drenaje a distinto fin, a pesar de lo cual se les sigue considerando como tales más bien por la analogía que existe en el proceso del proyecto que por su finalidad.

En la vida de un camino es fundamental el funcionamiento del drenaje, pues por la naturaleza del material con que se forman los terraplenes o el propio de los taludes de los cortes, cualquier exceso de agua o humedad ocasiona deslaves y trastorna el funcionamiento del camino. Los deslaves, asentamientos, oquedades y desprendimiento de material, encarecen el costo de la conservación y a veces interrumpen el tránsito ocasionado por lo tanto desequilibrios económicos.

Para el diseño de las obras de drenaje es necesario el conocimiento siguiente:

a) Conocimientos hidráulicos.-

Se deberán conocer perfectamente las leyes hidráulicas para el estudio del escurrimiento crítico, para el cálculo de gastos, etc. Deberá conocerse la forma como se investigan, registran y presuponen los datos para precipitaciones pluviales. Contándose con los conocimientos sobre el comportamiento de los suelos para poder drenarlos. También deberán conocerse los métodos de aforo.

b) Conocimientos estructurales.-

Además de los conocimientos generales de estabilidad que permitan la determinación de esfuerzos en las estructuras es necesario conocer la aplicación de ellos para la especialidad de puentes.

c) Conocimientos económicos.-

Deberá tenerse experiencia en la elección de un cruce y, en el estudio comparativo económico para la elección de tipo de obra. El cuidado en el estudio no solo es aplicable a cruces de grandes ríos, sino a cualquier obra de drenaje por pequeña que sea, pues el drenaje menor es el que regula la vida del camino y el que a la larga da el índice de economía de él.

Un camino ideal es aquel que tenga el menor número de cruces, que éstos sean definidos, de régimen hidráulico tranquilo, que el terreno sea seco, es decir que no haya humedad y donde el nivel de aguas subterráneas no alcance a perjudicar por capilaridad el revestimiento ni la superficie de rodamiento.

Debe tenerse mucho cuidado al hacer la estimación del drenaje, pues no son fáciles de apreciar las cuencas drenadas, aún cuando si son fáciles de identificar los cruces y su importancia.

Se pueden considerar varias clases de terreno plano:

El terreno alto y seco en el cual las depresiones son bien definidas y las secciones hidráulicas pueden considerarse como de control

El terreno bajo e inundable, pero con corrientes definidas.

En cualquiera de estos tipos de terreno plano, la posición de la subrasante queda definida en un cien por ciento por el drenaje, ya sea por las dimensiones de las alcantarillas o por la necesidad de levantar los terraplenes para evitar que el agua brinque sobre ellos o, en último caso, para evitar que la humedad llegue a perjudicar la base del camino por capilaridad.

### 2.3) FIJACION DE PUNTOS OBLIGADOS POR EL DRENAJE.

Los puntos obligados motivados por el drenaje, lo constituyen principalmente los grandes puentes, ya que en la mayoría de los casos el resto del drenaje queda supeditado al proyecto integral del camino tomando en consideración que un cruce no es sino un accidente del camino y no un factor básico en el proyecto del mismo. Un buen camino no es solamente aquel que tiene buenos cruces, sino aquel que teniendo buenos cruces, tiene buen alineamiento tanto vertical como horizontal; un camino que se sujeta a ligar una serie de cruces aunque estos estén excelentemente escogidos, será un camino mal proyectado.

### 2.4) TIPOS DE DRENAJE.

Se dividen en:

A) Drenaje superficial

B) Drenaje subterráneo

De acuerdo con el funcionamiento del escurrimiento.

Drenaje superficial:

Es aquel que tiende a eliminar el agua que escurre encima del terreno o del camino, sea que provenga directamente de lluvia, de es-

currideros naturales o de aguas almacenadas.

El drenaje superficial comprende 2 aspectos:

Uno el que trata de evitar que el agua llegue al camino por medio de obras que lo protejan; y el otro, es el que trata de eliminar el agua que inevitablemente llega al camino, por medio de estructuras especiales.

Algunas obras de drenaje superficial:

a) Bombeo de la superficie.-

Es la forma que se le da a la sección del camino para evitar que el agua de lluvia se estanque y por lo tanto ocasione trastornos al tránsito e infiltraciones en las terracerías que provocan saturaciones en las mismas, reblandecimiento del terreno y finalmente destrucción del camino; sirve también para evitar que el agua corra longitudinalmente sobre la superficie y la erosione.

Al proyectar el bombeo de un camino debe tomarse en cuenta también la comodidad para los usuarios del mismo, puesto que el camino con bombeo exagerado provoca que los conductores de vehículos prefieran el centro en lugar de conservar su vía de circulación.

b) Cunetas.-

Son estructuras destinadas a recoger el agua que escurre de la superficie del camino debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

Las cunetas son zanjas que se localizan a la orilla del camino en los cortes; desagua en alcantarillas o por medio de canales de salida.

La localización de las cunetas no ofrece ningún problema especial, pues es evidente que la forma de ellas depende de la cantidad de agua que escurre y del ancho del camino y sus dimensiones dependen del escurrimiento.

c) Contra-cunetas.-

Son canales destinados a evitar que llegue el agua a las cunetas, cuando éstas tienen una capacidad menor que la necesaria para el gasto, así como para evitar deslaves en los cortes.

La localización de las contra-cunetas va íntimamente ligada con su funcionamiento, por lo cual se colocan siempre en las laderas, del lado de aguas arriba y a cierta distancia de la orilla del corte. Como son normales a la línea máxima pendiente del terreno,

prácticamente quedan paralelas al eje del camino.

Generalmente tienen forma trapezoidal con base de 30 a 50 cm. y taludes de acuerdo con el terreno, su pendiente debe ser uniforme.

d) Canales.-

Son obras de protección localizadas a las orillas del camino con el objeto de impedir que el agua llegue al camino y lo dañe.

Las dimensiones, pendientes y la longitud de los canales deben calcularse de acuerdo con el área por drenar o sea, el gasto, según los procedimientos habituales en hidráulica.

Otras Obras Auxiliares.-

Además de las obras que se han detallado, cuya misión es defender el camino del agua, hay muchos otros auxiliares como muros de defensa, zampeados, etc., especiales para cada caso particular y de los cuales no se puede hablar en general.

Los principales cruces de agua lo constituyen las alcantarillas y los puentes. No hay distinción precisa ni matemática entre alcantarillas y puentes, nos reservamos el 1er. nombre para las estructuras de claro menor de 6 m. y para aquellas que aunque mayores de claro, tienen colchón como en el caso de las alcantarillas de bóveda y el nombre de puentes para las estructuras de claro mayor de 6m. sin colchón.

Las alcantarillas por lo que se refiere al cruce se clasifican en normales, en tangentes, radiales, en curva y oblicuas o esviajadas

Determinación del gasto de la corriente.-

La determinación del gasto tiene por objeto el cálculo de la longitud, en el caso de los puentes y la determinación del área hidráulica necesaria, en el caso de las alcantarillas.

Los métodos para el cálculo del gasto son de 3 clases:

- 1.- Aforo directo
- 2.- Procedimiento empírico
- 3.- Cálculo racional

Aforo.- Es la mediación directa del gasto de una corriente en una sección determinada. Sólo se pueden aforar corrientes con aguas permanentes y en condiciones de régimen tranquilo como en el caso de canales.

Procedimientos empíricos.- Consisten en la determinación del gasto por comparación, o bien, usando fórmulas deducidas de la expe-

riencia.

Fijar el gasto por comparación es arriesgado y sólo en el caso de tener amplia experiencia y condiciones análogas, se puede determinar el gasto de una corriente por comparación, con otra de gasto conocido, esto solo se usa en tubos de diámetro pequeño.

**Cálculo racional.**- Los métodos racionales para la determinación del gasto en los arroyos son principalmente 2: uno basado en la precipitación pluvial y condiciones del terreno y el otro por medio de la sección y la pendiente.

El método de precipitación pluvial: Consiste en el empleo de fórmulas

El método de sección y pendiente: Consiste en la determinación del gasto por medio de secciones hidráulicas definidas y de la pendiente del río o arroyo.

**Determinación del área necesaria para alcantarillas.**-

Para proporcionar la alcantarilla para un cierto gasto intervienen varios factores:

Forma geométrica de la alcantarilla

Espacio libre necesario

Espesor del terraplen

Funcionamiento hidráulico

Pendiente y velocidad

La forma geométrica de la alcantarilla afecta el gasto que puede drenar, por la mayor o menor facilidad de entrada.

El espacio libre necesario queda determinado por las dimensiones de los cuerpos de arrastre; se aconseja que no sea menor de 50 cm. Si no hay arrastre como en alcantarillas de gasto pequeño, no es necesario dejar espacio libre.

El espesor del terraplen gobierna también la forma de la alcantarilla, pues da la altura máxima de que puede disponerse para el proyecto; por lo contrario a veces el tamaño de la alcantarilla fija la altura de la subrasante, que será tal que no obligue a que las alcantarillas queden enterradas, lo que es completamente inaceptable.

En su funcionamiento hidráulico la alcantarilla puede ser sin carga o con carga.

Si la alcantarilla tiene salida libre, se le dice sin carga; si tiene obstruida su salida se le llama con carga.

Condiciones de que depende la elección del tipo de alcantarilla

- a.- La 1a. condición de que depende la elección es que la estructura satisfaga las condiciones hidráulicas del cauce.
- b.- Otra condición que influye en la elección del tipo es la magnitud del cauce y del gasto.
- c.- Otra condición es el tipo de material que hay en la zona.
- d.- Por último, muy importante, es la urgencia y la economía, que presenta dos aspectos, de cuanto dinero se dispone y cual es la estructura más económica.

Tubos de Concreto.-

Se emplean generalmente los que se utilizan en el mercado; cuando sea preciso calcularlos por no encontrar en el mercado tubos fabricados y aprobados, se hará de acuerdo con los procedimientos comunes de estabilidad, tomando en consideración los cargos que obran sobre la alcantarilla, sus condiciones de trabajo y los momentos flexionantes para determinar las secciones.

Muros de Cabeza.-

Se llaman también cabezotes y son muros colocados en los extremos de los tubos que sirven para retener el material del terraplen y evitar que desborde por encima, obstruyere el tubo. Pueden ser de concreto o mampostería de mortero de cemento, o mampostería seca y hasta de madera rolliza según el tipo de camino de que se trate.

Drenaje Subterráneo:

El drenaje subterráneo está constituido por los dispositivos necesarios para eliminar el agua subterránea, o bien abatir su nivel hasta donde no sea perjudicial al camino.

Forma en que se encuentra el agua en el subsuelo.-

El agua se encuentra bajo la superficie, se presenta en corrientes o estancada.

Importancia del sub-drenaje.-

De acuerdo con la naturaleza del suelo es muy importante el proyecto de un drenaje subterráneo, pues el exceso de agua o humedad reblandece los terraplenes o bases, como resbalamiento del material de los taludes de los terraplenes.

Tipos de subdrenajes.-

El principal tipo de drenaje subterráneo lo constituyen los tubos, con juntas abiertas y paredes perforadas o permeables, estos tu-

Los se alojan dentro de un relleno permeable que sirve como conducto para que el agua llegue al tubo y pueda salir.

Otro tipo de drenaje subterráneo consiste en abrir una zanja, poner el material permeable suprimiendo el tubo.

## 2.5) LOCALIZACION DE ALGUNAS OBRAS DE DRENAJE A LO LARGO DE LA CARRETERA.

Km. 30 + 188	Puente	Km. 36 + 455	Puente
Km. 30 + 748	Tubo	Km. 36 + 631	Puente
Km. 30 + 820	Puente	Km. 37 + 120	Tubo doble
Km. 30 + 237.50	Puente	Km. 37 + 620	Puente
Km. 30 + 619	Tubo	Km. 38 + 358	Puente
Km. 32 + 029	Puente	Km. 38 + 885	Puente
Km. 32 + 900	Tubo	Km. 39 + 042	Tubo
Km. 33 + 100	Tubo	Km. 39 + 594	Puente
Km. 33 + 447	Tubo	Km. 40 + 360	Puente
Km. 33 + 651.50	Puente	Km. 40 + 715	Puente
Km. 33 + 888	Tubo	Km. 41 + 334	Puente
Km. 34 + 250	Tubo doble	Km. 41 + 749	Puente
Km. 34 + 570	Tubo doble	Km. 42 + 137	Tubo doble
Km. 34 + 650	Tubo doble	Km. 42 + 349	Puente
Km. 34 + 714	Puente	Km. 42 + 569	Tubo doble
Km. 34 + 870	Tubo	Km. 42 + 833	Tubo
Km. 34 + 958	Puente	Km. 43 + 173	Tubo doble
Km. 35 + 083	Tubo doble	Km. 43 + 392	Puente
Km. 35 + 263	Tubo doble	Km. 43 + 600	Puente
Km. 35 + 433	Puente	Km. 43 + 966	Tubo
Km. 35 + 640	Puente	Km. 44 + 288	Puente
Km. 35 + 773	Tubo	Km. 44 + 399	Tubo doble
Km. 35 + 922	Tubo	Km. 44 + 594	Tubo doble
Km. 36 + 041	Tubo doble	Km. 44 + 800	Tubo doble
Km. 36 + 314	Tubo triple	Km. 45 + 002	Puente
Km. 45 + 203	Tubo	Km. 45 + 404	Puente
Km. 45 + 623	Tubo doble	Km. 45 + 816	Tubo doble
Km. 47 + 640	Tubo doble	Km. 47 + 670	Puente
Km. 47 + 250	Puente	Km. 49 + 040	Puente
Km. 49 + 575	Tubo	Km. 49 + 782	Puente

Km. 50 + 166	Origen entronque Morelos alcantarilla de losa 1x1 normal en tangente.
Km. 50 + 271.50	Alcantarilla de losa 1.50x1 normal en tangente.
Km. 50 + 694	Alcantarilla de losa 1x1 normal en tangente.
Km. 51 + 462	Alcantarilla de losa 2x1 desviada 10° derivada en tangente.
Km. 52 + 180	Alcantarilla de losa 1x1 desviada 22° en curva espiral.

## 2.6) ANALISIS DE MATERIAL PARA ALCANTARILLA DE TUBO DE CEMENTO.

Análisis aproximado del volúmen de obra por alcantarilla de tubo de concreto de 75 cm. de diámetro.

La alcantarilla específica de longitud 13.75 m. se consideran tubos de 1.25 cm., siendo 11 tramos por lo que de excavación serían 21.00 m<sup>3</sup>. de mampostería de 3a. con mortero de cemento-arena 1.5 serían 4.9 m<sup>3</sup>.

Análisis aproximado del volumen de obra de una alcantarilla de tubo de concreto de 90 cm. de diámetro.

Se considera un tubo en tramos de 1.25, siendo 15 m. se tendrá necesidad de 12 tramos por lo que de excavación será 26.00 m<sup>3</sup>. de mampostería de 3a. con mortero de cemento-arena 1.5 = 6.6 m<sup>3</sup>.

Claro es que la mampostería es variable según el tipo de alcantarilla y en el tramo en que se encuentre.

Tenemos un promedio de 3 obras de drenaje por Km.

Las partes de la obra de drenaje consiste en :mampostería, sampeado, concreto de 150 Kg./cm<sup>2</sup>. ,excavación, tubo de concreto o lámina.

La obra de libramiento se compone de: mampostería, concreto, tubos de concreto o lámina, rellenos, sampeados, fierro de refuerzo.

Volúmen del Proyecto. -

Del proyecto sabemos que los volúmenes a ejecutar en las obras de drenaje es el siguiente:

- Excavación para estructuras de canales 21 210 m<sup>3</sup>.
- Mampostería de 3a. 7 290 m<sup>3</sup>.
- Zampeado en cunetas y alcantarillas 2 850 m<sup>3</sup>.
- Zampeado en acotamiento de vados 2 300 m<sup>3</sup>.

- e) Concreto en obras 1 955 m<sup>3</sup>.
- f) Concreto en guarniciones 370 m<sup>3</sup>.
- g) Fierro de refuerzo 144 130 Kg.
- h) Tubería de concreto y lámina 1 234 m.

## 2.7) ANALISIS DE LA FABRICA DE TUBO

Los tubos de concreto los fabricará directamente la compañía debido a que resulta más barato fabricarlos que comprarlos y pagar fletes a la obra.

### Plantilla de Personal.-

Categoría	No.	Fecha	Sueldo Diario	Bonificación	Importe Semanal	Total
Sobrestante	1	28/1	\$ 70.00	\$ 105.00	\$ 1 120.00	\$ 1 120.00
Soldador	1	1 <sup>o</sup> /III	\$ 30.00	\$ 45.00	\$ 480.00	\$ 480.00
Peones	11	1 <sup>o</sup> /III	\$ 22.00	\$ 15.00	\$ 250.00	\$ 2 750.00
						\$ 4 350.00

### Plantilla de Equipo.-

	Tipo	No.	Fecha	Procedencia
Revolvedora	2 S	1	28/11	México
Soldadora	300	1	28/11	México
Vibrador eléctrico	3/4	2	28/11	México
Bomba centrífuga	1"	1	28/11	México
Compactador de placa	CN 13	2	24/11	México

### Tabla de Bonificaciones.-

Rendimiento de la fábrica utilizando 5 formas, se hacen 3 colados en turno de 12 horas, rendimiento 15 pzas. por turno, metros lineales de tubo por semana  $15 \times 1.25 \times 6 = 112.5$  m. por semana.

#### Bonificaciones:

Sobrestante \$ 7.00 por turno  
Soldador \$ 1.50 por armado  
Peón \$ 1.00 por turno

Costo aproximado de la tubería de 90 cm. de diámetro.

#### Material:

1 Tubo de 90 cm. D. = 0.353 m<sup>3</sup>. de concreto

Para un metro cúbico de cemento:

1 m <sup>3</sup> . de grava	a	\$ 40.00 m <sup>3</sup> .	\$ 40.00
0.6 m <sup>3</sup> . de arena	a	\$ 30.00 m <sup>3</sup> .	\$ 18.00
400 Kg. de cemento	a	\$ 0.30 Kg.	\$ 120.00
500 Lt. de agua	a	\$ 10.00 m <sup>3</sup> .	\$ 5.00
TOTAL			\$ 183.00 m <sup>3</sup> .

Costo por tubo.

Material: 183 x 0.353 = \$ 64.59 pzas.  
 Acero de Refuerzo: 2.10 x 35 Kg = \$ 73.50 por pza.  
 Total de la pza. \$ 138.09

Maquinaria:

1 revolvedora a \$ 20.00 hora x 6 hrs. = \$ 120.00 día  
 1 soldador a \$ 100.00 por día  
 2 vibradores de \$ 15.00 por día = \$ 30.00 diarios  
 1 molde a \$ 50.00 por día = \$ 50.00 diarios  
 TOTAL = \$ 300.00 por día

Costo por Maquinaria: 300 ÷ 15 = 20 por pza.

Costo por Mano de Obra: \$ 4 350.00 ÷ 90 piezas = \$ 48.33 por pza.

Resumen:

Materiales \$ 138.09  
 Maquinaria \$ 20.00  
 Obra de Mano \$ 48.33

\$ 206.42 por pza.

Por metro lineal: \$ 206.32 ÷ 1.25 = 165.06 por m. lineal  
 5% de imprevistos: 8.25 por m. Lineal  
 10% de gastos generales: 16.51 por m. Lineal  
 TOTAL \$ 189.82 por m. Lineal

## ESPECIFICACIONES

### 3.1) ESPECIFICACIONES GENERALES.

#### Terracerías.-

La construcción de las terracerías de la Carretera Pirámides-Tulancingo, la cual se inicia en el Km. 29 + 465 y termina en el Km. 84 + 059, con origen de cadenamamiento en el entronque Morelos de la Carretera directa México-Pachuca, se ejecutarán en general conforme a los planos del proyecto.

#### Obras de Drenaje.-

Deberán construirse las obras de drenaje necesarias, de acuerdo al proyecto respectivo, indicando la ubicación, tipo y dimensiones de las alcantarillas que se construirán, zampeado de cunetas y guarniciones de concreto hidráulico y de concreto asfáltico. Aunque para finalidades de programación, basta con anotar en forma global los totales de las diferentes calidades de trabajo que deben ejecutarse en obras de drenaje.

#### Pavimentación.-

Sobre la sub-rasante terminada y debidamente compactada, se construirán las capas de sub-base y base del pavimento de 20 y 15 cm. de espesor, respectivamente, compactadas al 100%. Terminada y oreada superficialmente la base, se le aplicará un riego de impregnación con asfalto FM-1 a razón de 1.5 lts. por m<sup>2</sup>.

La carpeta de concreto asfáltico elaborado en planta estacionaria, se construirá en un ancho de 7.20 m. con un espesor de 5 cm. compactados al 95%. Previamente al tendido de la carpeta se dará un riego de liga con asfalto FR-3 en proporción de 0.4 lts. por m<sup>2</sup>.

El riego de sello en todo el ancho de la corona, se dará con asfalto FR-3 en cantidad de 1.2 lts. por m<sup>2</sup>. y material pétreo 3-E a razón de 10 lts. por m<sup>2</sup>.

Para la construcción de la sub-base y la base indicadas anteriormente en todos los casos se utilizará material pétreo de tamaño máximo de 38 mm. (1 1/2").

Para la carpeta de concreto asfáltico elaborado por el sistema de mezcla en planta estacionaria se utilizará material pétreo con ta-

maño máximo de 19 mm. (3/4") y cemento asfáltico No. 6 en proporción de 95 Kg. por m<sup>3</sup>. de material pétreo seco suelto; la mezcla se tenderá con máquina determinadora y deberá compactarse al 95% del peso volumétrico máximo determinado en el laboratorio por el método Marshall. La curva granulométrica del material pétreo deberá alojarse en la zona 2 de la Gráfica de Composición Granulométrica.

La mezcla asfáltica deberá cumplir además con los siguientes requisitos:

Estabilidad	450 Kg. mínimo
Flujo	2-4 mm.
% de vacíos	3-5
% de vacíos llenados por el asfalto	75-85

Los valores anteriores se obtendrán mediante la prueba Marshall compactándose los especímenes con 75 golpes por cara.

El libramiento de Tulancingo estará constituido por 2 diferentes tipos de secciones, que son la sección tipo A y sección tipo Vado. La sección Tipo A, tendrá un ancho de corona de 13.50 m. y carpeta de concreto asfáltico de 7.20 m. de ancho. La sub-base, base, carpeta y riego de sello serán de los mismos espesores y características indicados con anterioridad.

Las zonas correspondientes a los Vados tendrán una sección de 13.50 m de ancho y el pavimento de los mismos estará constituido por una sub-base de 15 cm. de espesor compacto, compactada al 100% sobre la que se apoyarán las losas de concreto hidráulico con resistencia a la tensión por flexión de 30 Kg./cm<sup>2</sup>. de 7.20 m. de ancho total y 20 cm. de espesor y el zampeado en los acotamientos, indicados en el proyecto. La rasante de éstos vados deberá coincidir con el nivel del terreno natural.

### 3.2) ESPECIFICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Carretera San Martín Pirámides-Tulancingo.-

Excavaciones en cortes adicionales abajo de la sub-rasante.

Sin clasificar el material.

Ejecución: Las excavaciones en los cortes, incluyendo las adicionales abajo de la sub-rasante, se ejecutarán de acuerdo a lo señalado en las Especificaciones Generales de Construcción.

**Medición:** La medición se hará tomando como base los volúmenes que indique el proyecto. Se tomará como unidad el m<sup>3</sup>., redondeando el resultado a la unidad.

En ningún caso se considerará abundamiento.

**Base de Pago:** Las excavaciones por unidad de obra terminada en los cortes, incluyendo las adicionales abajo de la sub-rasante, sin clasificar el material, o sea comprendiendo uno, algunos o todos los tipos de material, independientemente de la proporción que incluya a cada uno de ellos, se pagarán al precio fijado en el contrato para el m<sup>3</sup>., como sigue:

- A) Cuando el material excavado se emplee en la formación de terraplenes, el precio unitario incluye lo que corresponda por: extracción, remoción y carga del material excavado, acarreo libre de 20 m.; descarga del material para la formación del terraplén y afinamiento de los cortes.
- B) Cuando el material excavado deba ser desperdiciado, el precio unitario incluye lo que corresponda por: extracción, remoción y carga de material excavado; acarreo libre de 20 m. descarga y depósito del material en el sitio que indique el Proyecto y afinamiento de los cortes.

Escarificación del Pavimento actual y su recompactación al 90%.  
Ejecución.-

En los lugares en que lo indique el proyecto, el pavimento existente se escarificará hasta la profundidad ordenada; el material obtenido se disgregará y mezclará perfectamente hasta obtener un material homogéneo, que se tenderá y recompactará al 90% del peso volumétrico seco máximo determinado en el laboratorio.

**Medición.-**

La medición se hará siguiendo el método señalado en las Especificaciones Generales de Construcción.

Se considerará como unidad el m<sup>3</sup>., redondeando el resultado a la unidad.

**Base de Pago.-**

El pago por unidad de obra terminada de escarificación del material actual y su recompactación al 90%, se hará al precio fijado en el contrato para el m<sup>3</sup>. compacto; este precio unitario incluye lo que

corresponda por: escarificación del pavimento en el espesor señalado en el proyecto, disgregado, mezclado, tendido y compactado al 90%; extracción, carga y acarreo a cualquier distancia del agua necesaria para la compactación así como su aplicación e incorporación; permisos de explotación de bancos de agua y afinamiento.

Formación de terraplenes con material procedente de cortes.

Ejecución.-

Para su ejecución conforme a lo señalado en el proyecto, deberá procederse en todo lo que corresponda, de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Generales de Construcción.

Medición.-

La medición se hará en el terraplén, determinando el volumen del material ya compactado a cada uno de los grados de compactación señalados en el proyecto, por medio de seccionamientos usando el método del promedio de áreas extremas, y tomando como base las secciones del proyecto para los materiales compactados a cada uno de los grados ordenados, haciendo las modificaciones necesarias por cambios autorizados. Se tomara en cuenta el volumen adicional originado por las cuñas de sobre-ancho que indique el proyecto. Se considera como unidad el  $m^3$ , redondeando el resultado a la unidad.

Base de Pago.-

El pago por unidad de obra terminada de formación de terraplenes con material procedente de las excavaciones en cortes, se hará como sigue:

- A) Para terraplén compactado al 90%, al precio fijado en el contrato para el  $m^3$ . del material ya compactado; este precio unitario incluye lo que corresponda por: Formación del terraplén, extendiendo el material en capas; compactación de las capas al 90%; extracción, carga, acarreo a cualquier distancia, aplicación e incorporación del agua necesaria para la compactación; permisos de explotación de bancos de agua; recorte de las cuñas originadas por el sobreancho de la corona, extendiendo el material resultante al pie del talud y afinamiento del terraplén.
- B) Para terraplén compactado al 95%, al precio fijado en el contrato para el  $m^3$ . del material ya compactado; este precio unitario incluye lo que corresponda por: formación del terraplén, extendiendo el material en capas al 95%; extracción, carga, acarreo a cualquier

distancia, aplicación e incorporación del agua necesaria para la compactación; permisos de explotación de bancos de agua; recorte de las cuñas originadas por el sobreancho de la corona, extendiendo el material resultante al pie del talud y afinamiento del terraplén.

Formación de terraplenes con material no compactable.

Materiales.-

Se considerará como material no compactable, a aquel que tendido en un terraplén de prueba de 20 m. de longitud en una capa del espesor que permita el tamaño máximo del material, pero no menor de 30 cm. y después de agregarle agua en cantidad aproximada de 100 lts. por m<sup>3</sup>. de material y dar 3 pasadas por toda la superficie de la capa con un tractor D-8 o similar en peso, los 20 cm. superiores de la capa que contengan más del 20% en volumen del material retenido en la malla de 76 mm. (3"), conteniendo el material retenido más del 5% del volumen total, de fragmentos mayores de 15 cm. Los porcentajes anteriores se determinarán en el material obtenido del terraplén de prueba mediante sondeos hechos a cielo abierto en los 20 cm. superiores de la capa con volumen aproximado de 0.5 m<sup>3</sup>. cada sondeo, tomándose el promedio de los resultados obtenidos en 3 sondeos efectuados en distintos lugares del terraplén de prueba.

Estas pruebas solo se efectuarán en los casos en que se presente alguna discrepancia entre la Secretaría y el Contratista, respecto a si el material que deba aprovecharse en la formación de terraplenes es o no es compactable.

Ejecución.-

Cuando de acuerdo con lo señalado en el proyecto, se requiera construir el terraplén con material no compactable, se procederá en la siguiente forma:

- a) El equipo de construcción deberá ser previamente aprobado
- b) La construcción del terraplén se efectuará por capas sensiblemente horizontales que abarquen todo el ancho de la sección; el espesor de cada capa será el mínimo que permita el tamaño mayor del material y la altura del terraplén. En cada capa se dará el acomodo del material mediante 3 pasadas por cada lugar ronceando, con tractor D-8 ó similar en peso.
- c) En la última capa subyacente a la capa sub-rasante, además de las

- 3 pasadas por cada lugar con tractor D-8 señaladas en el párrafo anterior, deberán darse 3 pasadas por cada lugar con rodillo Hyster de rejillas, o equivalente, con peso no menor de 6 toneladas.
- d) Las secciones del terraplén con material no compactable, se verificarán de acuerdo con lo que corresponda de lo señalado en las Especificaciones Generales de la Construcción.

#### Medición.-

La medición se hará determinando el volumen del material ya acomodado en el terraplén, por medio de seccionamientos usando el método del promedio de áreas extremas, y tomando como base la sección del proyecto para el material no compactable, haciendo las modificaciones necesarias por cambios autorizados. Se tomará en cuenta el volumen adicional originado por las cuñas de sobreancho que indique el proyecto. Se considerará como unidad el  $m^3$ , redondeando el resultado a la unidad.

#### Base de Pago.-

El pago por unidad de obra terminada de formación de terraplenes con material no compactable se hará a los precios fijados en el contrato para el  $m^3$ , ya acomodado, como sigue:

- A) Para terraplén con material no compactable procedente de cortes, el precio unitario incluye lo que corresponda por: formación del terraplén por capas; trabajo del equipo para dar al material el acomodo indicado en los párrafos (byc) anteriores, y en general todo lo necesario para la correcta ejecución de la obra.
- B) Para terraplén con material no compactable procedente de los préstamos señalados en el proyecto, el precio unitario incluye lo que corresponda por: desmonte y despilme del préstamo; acarreo y depósito del material producto de éste despilme; extracción, remoción y carga del material excavado en el préstamo, cualquiera que sea su clasificación; acarreo libre de 20 m; elevación a cualquiera altura y descarga del material; formación del terraplén por capas; trabajo del equipo para dar al material el acomodo indicado en los párrafos (a y b) anteriores, y en general todo lo necesario para la correcta ejecución de la obra.

Con el tratamiento señalado en los párrafos (b y c) se considera que se logrará el acomodo necesario del material en cada capa. Si en alguna capa se hiciera necesario dar con el equipo mencionado

un número distinto de pasadas a las antes especificadas, éstas se pagarán adicionalmente o se deducirán según se ordene aumentar o disminuir el número de pasadas, a los precios unitarios que la Secretaría obtenga por pasada de tractor D-8 ó similar en peso ó rodillo Hyster de rejillas, basándose en los análisis detallados de precios unitarios.

Préstamos no fijados en el proyecto.-

Para la construcción de las terracerías, la Secretaría podrá ordenar al Contratista la explotación de otros préstamos diferentes a los señalados en el proyecto; los precios unitarios respectivos se determinarán en su caso, de acuerdo con lo indicado en el Contrato de Obras.

Guarniciones laterales de concreto asfáltico.-

Ejecución.-

Las guarniciones laterales de concreto asfáltico se construirán en los acotamientos a 10 cm. de la orilla de la corona, una vez dado el riego de sello con material 3-E; se colocarán donde lo ordene la Secretaría en el lado opuesto al corte, en los cortes en balcón, en ambos lados de los terraplenes en tangente, y cuando éstos estén en curva, únicamente se colocarán en el lado interior de la misma. Tendrán forma trapacial de 15 cm. en la base mayor, 8 cm. en la base menor y 12 cm. de altura, y se construirán con máquina de tipo especial para este trabajo, debiendo quedar perfectamente alineadas con relación al eje del camino, con excepción de aquellos lugares donde se prolongarán para encauzar el agua hacia los lavaderos.

Para su construcción se empleará una mezcla en caliente de cemento asfáltico número 6 y material pétreo con tamaño máximo de 19 mm  $3/4''$ ; el cemento asfáltico se usará en una proporción aproximada de 100 Kg. por  $m^3$ . de material pétreo.

Medición.-

La medición se hará cubicando las guarniciones construídas de acuerdo con lo ordenado de la Secretaría; se tomará como unidad el metro cúbico y el resultado de la medición se considerará con una (1) decimal.

Base de Pago.-

El paga por unidad de obra terminada de guarniciones laterales se hará al precio fijado en el contrato para  $m^3$ . Este precio unitario

incluye lo que corresponda por: permisos de explotación de bancos, desmonte y despalme de bancos; extracción y tratamiento del material pétreo y los acarrees del mismo que sean necesarios; elaboración en caliente de la mezcla del material pétreo y el cemento asfáltico; vaciado, pertilado y afinado; maquinaria, equipo y mano de obra necesarios para dejar totalmente terminadas las guarniciones a satisfacción de la Secretaría; protección a las estructuras o parte de ellas y precauciones para no mancharlos durante la construcción de las guarniciones.

El cemento asfáltico número 6 utilizado en la elaboración de guarniciones laterales, se pagará por separado al precio fijado en el contrato para el Kg.; este precio unitario incluye todo lo que corresponda de lo señalado en las Especificaciones Generales de Construcción.

Bancos de materiales para obras de drenaje.-

El proponente deberá tener en cuenta en su Proposición que los bancos para obtener la piedra, la grava, la arena y el agua necesarios para la construcción de las obras de drenaje, deberán ser localizados y propuestos por el Contratista y aceptados por la Secretaría.

Asfaltos rebajados empleados en riego.-

Los asfaltos rebajados que se utilicen en los riegos de impregnación, de liga y de sello, se pagarán de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Generales de Construcción, pero deberá considerarse además que los precios unitarios fijados en el contrato incluirán también los acarrees necesarios de los productos asfálticos para llevarlos del almacenamiento a los lugares de utilización.

✓ Acarrees de los materiales para pavimentación.-

Los acarrees de los materiales pétreos aprovechables para la construcción de la sub-base, base y riego de sello, se pagarán a los precios fijados en el contrato para el m<sup>3</sup>.-Km.; estos precios unitarios se incluyen exclusivamente el transporte.

La distancia de acarreo, en todos los casos, se medirá según lo establecido en las Especificaciones Generales de Construcción, independientemente de que el material requiera que sea la ubicación de las plantas de tratamiento que se hayan empleado.

Acarreo de las mezclas asfálticas.-

Los acarrees de las mezclas asfálticas elaboradas en planta es-

tacionaria para la carpeta de concreto asfáltico, se pagarán al precio fijado en el contrato para el m<sup>3</sup>.-Km.; este precio unitario incluye exclusivamente el transporte. Las Especificaciones Generales de Construcción, es decir, como si la mezcla asfáltica se hubiera acarreado directamente del banco al lugar tendido en el camino, independientemente de que el material requiera algún tratamiento y cualquiera que sea la ubicación de las plantas de tratamiento de la planta de fabricación del concreto asfáltico. Se hace notar que éstos serán los únicos acarreos que se pagarán en el caso de las mezclas asfálticas elaboradas en planta estacionaria.

## TERRACERIAS

### 4.1) DEFINICION DE CONCEPTOS.

Las terracerías son la cimentación de la carretera.

Las características geométricas, pendiente, sección transversal grado de curvatura, etc. quedan cumplidos en la subrasante, con las terracerías.

El método a emplear en la construcción de las terracerías, queda determinada por las siguientes circunstancias: volúmen del material a mover, tipo de material, topografía y tiempo disponible para efectuar el trabajo.

Los movimientos típicos son: corte en cajón, terraplén y sección mixta; los cuales pueden estar constituídos por diferentes clases de material.

Se acostumbra dar 3 clasificaciones con objeto de agrupar desde el punto de vista de la construcción toda la gama de materiales que constituyen la corteza terrestre.

Clasificación de materiales:

Material (A).-

Los materiales clasificados con esta designación son los suelos blandos poco o nada cementados, con partículas menores de 3" y que pueden ser eficientemente excavados con escrepa de capacidad adecuada para trabajar con tractor de orugas de 90 a 110 caballos de potencia en la barra, con auxilio de arados o tractores empujadores aunque se utilicen para obtener mayor rendimiento.

Material (B).-

Se clasifica así, al que por su extracción y carga sólo puede ser excavado eficientemente por tractor con cuchillas de inclinación variable, cuya potencia en la barra sea de 140 a 160 caballos de potencia o bien por la pala mecánica cuyo cucharón sea de 1 m<sup>3</sup>. de capacidad.

En esta clasificación se incluyen las rocas muy alteradas, conglomerados mediante cementados, areniscas blandas y tepetates, además de las rocas sueltas mayores de 20 cm. de lado y menores de 1/2 m<sup>3</sup>.

Material (C).-

Es el que para ser atacado se requiere del uso de explosivos de

detonación rápida y las piedras sueltas que aisladamente cubiquen más de  $1 \text{ m}^3$ , en ésta clasificación quedan incluidas las areniscas y los conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos, andisitas sanas y rocas basálticas.

Generalmente se encuentran materiales que caen dentro de los 3 clasificados, en cuyo caso se clasifican en % de los diversos tipos de material.

#### 4.2) PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

En la construcción de la terracerfa de un camino se efectúan las siguientes etapas:

a) Desmonte y Roza

b) Terracerfas

Desmonte y Roza.-

Es la ejecución de alguna, algunas o todas las operaciones siguientes:

- 1) Corte de árboles y arbustos
- 2) Roza, que consiste en quitar maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.
- 3) Desenraíce, que consiste en sacar los troncos o tocones con todo y raíces o cortando éstos.
- 4) Limpia y quema que consiste en retirar y estibar el producto del desmonte al lugar que se indique así como en quemar lo no utilizable.

El trabajo del desmonte generalmente se efectúa con tractor y a mano en algunos casos, pues cuando se trata de monte grueso hay necesidad de cortar árboles con hacha a todo lo ancho del derecho de vía, pero cuando se trata de monte tipo medio se usa con ventaja el tractor

Tipo de Vegetación.-

Para fines de desmontese consideran los siguientes tipos de vegetación:

- 1.- Manglar
- 2.- Selva o bosque
- 3.- Monte de regiones áridas o semi-áridas
- 4.- Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas de pastizales

La vegetación de tipo manglar está constituida predominantemente por mangles y demás especies de raíces aéreas, típicas de los esteros y pantanos de los climas cálidos

La vegetación tipo selva es la constituida por árboles típicos de las zonas bajas cálidas.

Son ejemplos de la vegetación selvática las siguientes: Palmeras, amates, ceibas, mangos, cedros; la vegetación tipo bosque es la predominante por árboles típicos de las zonas altas de clima templado o frío, por ejemplo: pinos, madraños, enconos, eucaliptos.

La vegetación de monte de regiones áridas o semiáridas es la constituida por árboles de poca altura y como ejemplo tenemos: los mezquites, pirules, huizaches y espinos.

La vegetación del monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales se caracteriza por estar constituida por cactacias, vegetación de sembradío o zacatales.

Las operaciones de cortar, rozar, limpiar y quemar se ejecutarán en todo el derecho de vía, igualmente se ejecutarán estos trabajos en las superficies limitadas por las líneas trazadas a un metro de los canales y contracunetas y de las zonas que limitan los préstamos. Deberá asegurarse que toda la materia vegetal proveniente del desmonte queda afuera de las zonas destinadas a la construcción.

El desmonte deberá estar terminado cuando menos un Km. adelante del ataque de las terracerías.

#### Terracerías.-

En términos generales éstas consisten en terraplenes y cortes.

La construcción de los terraplenes en este tramo son producto del material de préstamo lateral, predominando el tepetate.

Los cortes se efectúan en tepetate, roca suelta y roca principalmente.

#### Corte.-

Son las excavaciones o remociones de los materiales, producto de los mismos, realizados en el terreno natural en ampliación o abatimiento de taludes, en derrumbes y en rebajes de terraplenes con objeto de formar la sub-rasante, los taludes, las cunetas y los desplantes de los terraplenes.

Las excavaciones en los cortes se ejecutarán procurando seguir un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte.

Al hacer excavaciones particularmente cuando se empleen explosivos, se evitará hasta donde sea posible aflojar el material de los taludes más allá de la superficie teórica fijada en el proyecto. En

caso de no ser así, todo el material que se derrumbe o se encuentre inestable en los taludes, será removido.

Procedimiento gral. de construcción en los cortes, es el siguiente:

Después de verificar el trazo y nivelación del camino, en la zona del corte, se procede a desmontar y efectuar el corte por medio de perforaciones y explosivos. Mediante cargadores frontales y camiones, se retira el material producto del corte, siendo una cierta cantidad de desperdicio y otra se emplea como préstamo para elaborar terraplenes.

Para efectuar la barrenaciones se puede emplear un Track-Drill o cualquier otro perforador.

Para las detonaciones se usa una variación, de acuerdo al terreno, del método sueco empleado generalmente, haciendo uso de explosivos fuertes de 60 a 75%.

Se emplea para la carga del material un tractor, cargadores frontales y camiones.

Efectuado el corte se procede a conformar la superficie subrasante usando los métodos que serán descritos, dependiendo del espesor de la capa por conformar.

La construcción de los cortes sigue los lineamientos y especificaciones de la Sec. de Obras Públicas. En términos generales las especificaciones de la Sec. de Obras Públicas para dar por terminado el corte son:

Para formar la subrasante si la cama del corte, en material C, la excavación se hará hasta una profundidad de 30 cm. bajo toda la sección de la cama no debiendo quedar salientes a menos de 15 cm. abajo del nivel de la subrasante, se obtendrá relleno de la cama del corte con material adecuado. En aquellos cortes en que no se necesita excavación adicional ni relleno para formar la subrasante se escarificarán y se compactará un espesor prefijado y a una compactación determinada, generalmente no menor de 95%.

Para terminar la excavación de un corte se verificará alineamiento, perfil, sección, dentro de las tolerancias siguientes:

Nivel en subrasante más o menos 5cm.

Ancho de la corona del centro de línea a la orilla, más 10 cm.

Ancho de la cuneta, más 10 cm.

Irregularidades con respecto a la superficie en material A ó B; 10 cm.

Irregularidades con respecto a la superficie teórica, en material C, 50 cm.

Otro tipo de corte sería:

Para obtener una buena liga entre los terraplenes antes de iniciar la construcción de éstos, se cortará una pequeña capa del terreno natural con espesor de 5 a 20 cm. a todo lo ancho del terraplén. Este trabajo recibe el nombre de despalme. Cuando se trate de construir terraplenes y para evitar deslizamientos en laderos lisos con pendiente transversal mayor del 25% se construirán escalones de liga dentro del área donde se proyecten terraplenes. Los escalones tendrán una plantilla de 3.50 m. mínimo cuando se excave en material A ó B y de 1 m. en material C.

Terraplenes.-

El cuerpo del terraplen es formado por material producto de bancos cercanos a la zona de construcción de los cuales es acarreado para ser tendido en la sección proyectada.

El procedimiento general de construcción de los terraplenes consiste en:

Estudio general de la zona y elección de rutas por medio de estudios fotogramétricos, levantamientos terrestres y estudios económicos sociales; dichos estudios a cargo de la Sec. de Obras Públicas.

Esta Secretaría elabora los levantamientos del terreno natural, curva masa, cuantifica los volúmenes de terraplén, corte, préstamos, desperdicios, acarreos, lo mismo que las obras de drenaje y complementarias entregando al contratista los datos necesarios para la construcción de la carretera, los mismos que son revisados por el constructor.

La Sec. de Obras Públicas efectúa el trazo del eje del camino, secciones transversales y nivelación de éste, haciendo uso de estacas y aparatos de medición necesarios. Después de la verificación de los trazos anteriores hecha por el contratista, se procede al desmonte del terreno en la longitud requerida y en una franja equivalente al derecho de vía. Este desmonte y despalme se lleva a cabo por medio de un tractor. Efectuada esta operación se construye un camino de acceso

a lo largo del trazo de la carretera, aunque dicho camino no es paralelo al eje de la misma sino va siguiendo la dirección más conveniente.

Se procede a la construcción de las obras de arte proyectadas para la carretera, haciendo los acarreos de material necesario, para dichas obras, por el camino de acceso antes construido.

Casi simultáneamente con la construcción de éstas obras de arte, se comienza la preparación para la explotación de los bancos de préstamo lateral, siendo localizadas por la Secretaría las zonas de préstamo; se inicia la explotación con el fin de obtener el material destinado a formar el cuerpo del terraplén.

Se principia eliminando una capa de material que se encuentra en la superficie del banco por considerarse inadecuado para la construcción del terraplén. Eliminado este material se comienza a arar el banco por medio del escarificador de un tractor. Aflojado el material se carga por medio de una moto escrepa empujada por un tractor debiendo tardar en dicho proceso de carga 15 seg. aproximadamente.

Cargado el material, la moto escrepa procede, por su propio impulso a conducir íntegramente el material para la formación del cuerpo del terraplén, teniendo un recorrido económico hasta 1 500 m. (El recorrido promedio en la obra que efectúa es de 250 m.)

El material regado por la moto escrepa queda casi esparcido siendo afinado por medio de una moto conformadora, pudiendo emplearse también un tractor, según convenga. El material queda tendido en capas de 30 cm. de espesor, se le agrega el agua en un grado mayor de la humedad óptima del material, la cual ha sido previamente determinada por medio de estudios de laboratorio. Para agregar el agua al material se hace por medio de camiones, tanques o pipas. La humedad óptima aproximada es de 28% para el tepetate y 18% para el tezontle.

Después de homogeneizar la humedad del material por medio de una moto conformadora, se principia a compactar por medio de un Tamping Roller, en capas de 30 cm., alcanzando una compactación aproximada de 90% con 8 a 10 pasadas de la máquina, el 4 ó 5% faltante se obtiene por medio del empleo de un rodillo liso vibratorio jalado por un tractor agrícola; ésto es para el cuerpo de la terracería, para la capa superior de la subrasante, que debe ser compactada al 100%, se dan más pasadas del Tamping Roller (aproximadamente de 12 a 16) y se afi

na con un rodillo liso vibratorio.

Cuando el terraplén así elaborado existen algunas irregularidades, éstas son eliminadas por medio de afinar una moto conformadora y un rodillo liso vibratorio.

La altura promedio del terraplén es de 1.50 m., variando con las obras de drenaje.

El Tamping Roller es un equipo más eficiente en tramos largos por lo que se emplea para trabajar en longitudes mayores de 200 m. en los que con 8 pasadas promedio alcanza grado de compactación del 92%, con 14 a 18 hasta el 94% pero llega un momento en que para aumentar un grado de compactación requiere de demasiadas pasadas por lo que se vuelve anti-económico, es por eso que para obtener el 4 ó 5% finales se emplea el rodillo liso vibratorio.

El préstamo lateral se encuentra a 50 m. del eje del cuerpo de la terracería.

Terminada la capa superior de la subrasante se efectúan pruebas de campo para medir el grado de compactación del suelo, las pruebas a emplear son: la Proctor ó la Porter según el tipo de suelo y su granulometría.

Se efectúan determinaciones de compactación a una profundidad de 30 a 50 cm. en la plantilla sobre la que se hará el relleno y en el caso de cortes.

En los rellenos se hacen varias pruebas por cada punto ya que el material por extraer sería mucho y dificultaría la construcción del sondeo. Generalmente se hacen 3 sondeos, cada 100 m. por cada capa.

La prueba Proctor modificada que emplea la Sec. de Obras Públicas se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen, así como la resistencia a la penetración de un suelo que ha sido compactado.

Esta prueba está limitada a los suelos que pasan la maya # 4 ó cuando más, tengan un retenido del 10% en esta malla, pero que pasen totalmente por la malla 3/8", no debe usarse en arenas limpias ó materiales que carezcan de cimentación.

La diferencia de Proctor modificado y el Proctor Standard es el número de golpes del pisón, también especificado, que se deja caer libremente desde una altura prefijada.

La prueba Porter Standard se usa para materiales granulados

hasta 1".

Esta prueba se usa también en arenas limpias ó producto de trituración y en gral. en todos los materiales que carezcan de cementación.

Generalmente el procedimiento que sigue la Sec. de Obras Públicas es el siguiente:

Se hacen 3 sondeos en la sección del terraplén o terreno natural en que se desean hacer las determinaciones, los sondeos quedan localizados al centro y lados del terraplén y debe hacerse de 10 cm. por lado, aproximadamente y de una profundidad que varía según el espesor de la capa que se quiera analizar.

Se determina el volúmen de la excavación por medio del frasco y cono, o bien, dejando caer la arena contenida en una probeta. Se pesa una porción del material extraído, para determinar la humedad en el lugar, generalmente se toman 100 gr. para tal objeto.

Para determinar la humedad del suelo en el campo, se hace generalmente uso de una lámpara de gasolina para el secado.

Con los datos anteriores, se determinan el peso volumétrico húmedo y seco en el lugar.

Finalmente se determina el grado de compactación alcanzado relacionando el peso seco del material en el campo con el máximo obtenido por las pruebas Proctor ó Porter, según sea el caso.

Las especificaciones generales de la Sec. de Obras Públicas para dar por terminada la construcción de un terraplén incluyendo su afinamiento, se verificará su alineamiento, el perfil, seccionamiento, anchura y su acabado dentro de las tolerancias siguientes:

En la subrasante más ó menos 5 cm. en nivel.

Ancho de la corona, del centro de línea a la orilla más de 10 cm.

Taludes en material A ó B más 30 cm.

Taludes en material C más 75 cm.

Con el objeto de lograr que con el equipo de compactación alcance el grado fijado, en toda la sección del terraplén, lo que no es posible obtener en las orillas, los terraplenes se construirán con una corona más ancha que la teórica del proyecto y con un talud diferente que se encontrará con el talud de proyecto en el punto de los cerros, es decir, se construirá una cuña de sobreancho adicional al volúmen de proyecto en la cual la compactación podría ser menor de la fijada y posteriormente al dar por terminada la construcción

del terraplen desde el punto de vista geométrico y de calidad y compactación, se recortará. El material producto del recorte de la cuña del sobreebanco se extenderá uniformemente el pie del talud del terraplen.

#### Préstamos.-

Son excavaciones que se ejecutan en los lugares fijados en el proyecto a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados.

La ubicación y las dimensiones de los préstamos serán fijados en cada caso en el proyecto. Los préstamos se excavarán únicamente hasta la profundidad fijada en el proyecto, siempre la excavación será en seco en material apropiado y en la forma más regular afin de facilitar su medición.

En los préstamos cercanos a las terracerías se dejará una berma o banquita entre la línea de ceros de los terraplenes y la orilla de excavación que no será menor de 5 m. para evitar que debido a la erosión del agua, especialmente en tiempo de lluvias, los ceros de los terraplenes en un momento dado caigan sobre la orilla de los préstamos ocasionando derrumbamientos de las paredes de los préstamos y como consecuencia falla de talud en los terraplenes. Siempre se procurará que los préstamos queden lo mejor drenados posible, por lo que siempre se aconsejará que cuando se ataquen préstamos tengan éstos al final una pendiente en un solo sentido para que se drenen longitudinalmente hacia las alcantarillas.

Cuando el proyecto así se considere antes de iniciar la construcción de terraplenes se rellenarán los huecos motivados por el desenraice, se escarficará y se compactará el terreno natural en el área de desplante y en el espesor que se considere conveniente hasta que se alcance el grado de compactación que se indique y que nunca deberá ser menor del 90%.

#### 4.3) ORGANIZACION DEL FRENT DE TERRACERIAS.

Lo primero que se atacará serán las obras de drenaje y los bancos de material para la pavimentación partiendo de la base de que se comenzará a trabajar de San Martín de las Pirámides Km. 29, hacia Tullancingo Km. 84. Las terracerías no comenzarán hasta que se tenga su eficiente tramo construído de obras de drenaje, aproximadamente 3 Km.

La pavimentación comenzará hasta que se tengan producidos los materiales de los bancos #2 y #3 de sub-base y base, del banco #6 de material de carpeta y #7 del banco #1 de sello y produciendo material en los bancos #4 y #5 de sub-base y base banco #8 de carpeta y sello.

Para cuando se comienza la pavimentación se deberán tener construidos 12 Km. aproximadamente de terracerías ya que la velocidad de la terracería es de 3.6 Km. por mes y la pavimentación será de 5 Km. por mes.

La organización del frente de terracería quedará definida por medio del siguiente personal de campo:

1 jefe de frente

1 topógrafo

2 cabos de línea

operadores de las diferentes máquinas destinadas a la terracería (tractor, escrepa, moto conformadora, etc.)

cadeneros, bomberos, choferes, mecánicos, soldador y peones.

Respecto al equipo será necesario el empleo de:

2 tractores

2 moto escrepas

2 moto conformadoras

1 rodillo Pata de Cabra

1 compactador

4 camiones pipa

1 tractor agrícola

1 arado hidráulico

1 camión de mantenimiento

y equipo menor (bombas, planta soldar, etc.)

Se debe considerar que el equipo productivo consiste en:

1 tractor empujador

2 moto escrepas

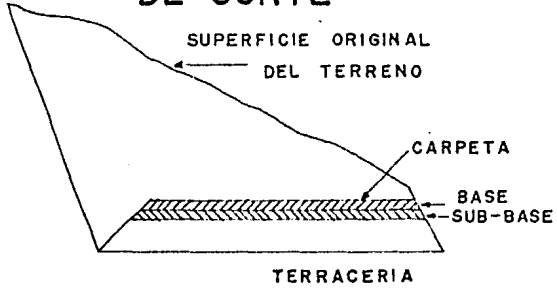
1 tractor escarificador

Los cuales determinan el volumen a producir, tiempo y en general son punto básico en la elaboración del programa de terracerías de la obra.

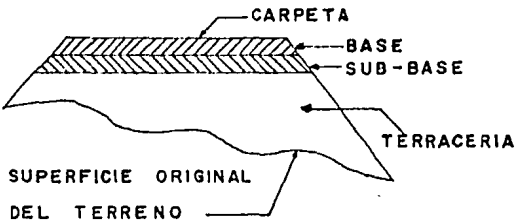
El cual junto con el programa de explotación de bancos de material, destinado a la pavimentación y la carpeta, son factor determinante en el programa general de la obra.

Respecto al análisis de volúmen y costo aproximado del m<sup>3</sup>. movido de terracería, se detallará en el capítulo de Organización y Programa de Obra.

## SECCION TYPICA DE CORTE



## SECCION TIPICA DE TERRAPLEN



UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANEACION GENERAL
JOSE LUIS GUERRERO L.
1 9 7 0

## PAVIMENTACION

### 5.1) DEFINICION DE CONCEPTOS.

El pavimento es la capa o capas de material tratado que se aplica sobre la superficie de la terracería terminada, y actúa como una estructura que le transmite las cargas de los vehículos y la protege contra la acción de la intemperie, sirviendo además como superficie de rodamiento.

El espesor del pavimento queda determinado por la intensidad y frecuencia de las cargas, así como por la capacidad de carga de la terracería. Como la transmisión de esfuerzos a través del pavimento depende del espesor de éste, siempre que sea homogéneo, por motivos económicos se construye 2n 2 ó 3 capas de espesor variable y de diferente calidad, con el fin de darle flexibilidad, es decir, que al cesar la carga se recobra la deformación sufrida. A estos pavimentos se les denomina pavimentos flexibles y trabajan únicamente a la compresión directa y puede deformarse sin agrietarse (dentro de cierto rango) bajo la acción de las cargas. En este tipo de pavimento, se emplea el concreto asfáltico formado por una mezcla de material pétreo graduado y asfalto en las dosificaciones adecuadas, construido sobre una base apropiada de tantas capas como sean necesarias, según el tipo de suelo y las condiciones de tránsito.

También existe otro tipo de pavimento, llamado pavimento rígido, el cual es capaz de absorber esfuerzos de flexión y compresión directa. Estos pavimentos están constituidos por losas de concreto hidráulico, formado por material pétreo graduado, Cemento Portland y agua; proporcionados y mezclados adecuadamente, con o sin refuerzo, apoyados en una base o capa de asiento de material granular.

Las capas que componen el pavimento flexible son:

#### a) Sub-base.-

Es la capa de materiales seleccionados que se construye sobre la subrasante y terracerías, cuya función es soportar los esfuerzos que le transmite la base y distribuirlos a la terracería para que no se produzcan deformaciones perjudiciales.

#### b) Base.-

Es una capa formada por material de buena granulometría y con es-

pesor determinado, que se construye sobre la sub-base y ocasionalmente sobre la subrasante cuya función es soportar las cargas rodantes y distribuir los esfuerzos a la sub-base y a la terracería en tal forma que no produzca deformaciones perjudiciales.

Las bases se pueden dividir en: Bases hidráulicas

Bases tratadas

El tipo más común es el de bases hidráulicas, formadas por agregados graduados, mezclados con agua en proporciones adecuadas y compactadas hasta alcanzar un mínimo del 95% de su peso volumétrico máximo

Las bases tratadas están formadas por agregados y aditivos que las hacen más estables o más resistentes a la humedad.

Entre los aditivos empleados se encuentran los aglutinantes asfálticos, cementos Portland y compuestos químicos como el cloruro de calcio y la cal (carbonato de calcio).

Las bases tratadas con un riego de impregnación con el objeto de darle un sellado temporal contra la infiltración del agua superficial mientras que se cubren con la carpeta, además de éste riego que proporciona una capa de enlace entre la base y la carpeta.

El riego de impregnación se hace con algún asfalto rebajado de fraguado medio o lento, según el tipo de textura y de la base, en cantidad tal que pueda ser absorbida totalmente por la base, sin dejar charcos después de 24 hrs. de regado y que penetre de 8 a 10 mm., aunque en algunos casos puede aceptarse una penetración menor, siempre que haya buena adherencia entre el material asfáltico y el pétreo de la base.

Los asfaltos son sustancias plásticas que imparten una flexibilidad muy controlada a sus mezclas. Pueden ser de origen natural o producto de la destilación del petróleo.

La mayor parte del asfalto empleado en la construcción es refinado del petróleo.

Los asfaltos se dividen en 3 grupos:

- I) Asfaltos rebajados
- II) Emulsiones
- III) Cementos asfálticos

Los asfaltos rebajados pueden ser: FR (fraguado rápido), FM (fraguado medio) ó FL (fraguado lento).

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido se utilizan en la construc

ción de carpetas y como liga en carpetas y riegos de sello.

Los asfaltos rebajados de fraguado medio se utilizan en los riegos de impregnación de la base, en estabilizaciones asfálticas y en mezclas hechas en el lugar.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento son poco usados en el país. Se utilizan para estabilizar suelos finos.

Las emulsiones asfálticas son una combinación de agua, asfalto, y un agente estimulante.

El cemento asfáltico se utiliza en la fabricación de concreto asfáltico hecho en caliente.

#### c) Carpeta.-

Es la capa que soporta directamente la carga viva, es de mayor calidad que las otras 2 capas, debe reunir los requisitos de adherencia con la rueda y resistencia al desgaste producido por ésta.

Existen diferentes tipos de carpetas:

- 1.- Carpeta de riego.- Consiste en aplicar sobre el riego de impregnación otra capa de asfalto más gruesa y con un fraguado más rápido que el utilizado en la impregnación.
- 2.- Carpeta de 3 riegos.- Está formada por 3 capas de material pétreo de diferente tamaño.
- 3.- Carpeta de mezcla en el lugar.- La mezcla del agregado y materiales bituminosos se ejecuta sobre la carretera en vez de hacerlo en una planta estacionaria.
- 4.- Carpeta de mezcla en planta.- Se mezclan los agregados pétreos con algún producto asfáltico en planta estacionaria.

El criterio para determinar el tipo de pavimento a emplear en el camino es el económico.

El costo de un camino incluye la inversión inicial y el mantenimiento; sin embargo, dada la gran necesidad de nuevos caminos y la limitada capacidad de inversión, en ocasiones se escoge el tipo de pavimento de menor inversión inicial, aunque su mantenimiento y duración no resulte el más económico.

Los pavimentos de mayor calidad son el concreto asfáltico, mezclado y tendido en caliente y el concreto hidráulico.

#### 5.2) PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

Una vez compactada la capa superior de la subrasante, antes de

de iniciar los trabajos de pavimentación, se debe verificar el % del peso volumétrico seco máximo, se afina la superficie de la subrasante hasta dar por acabado el requerido.

Se procede al regado y elaboración de la sub-base; el tendido del material se hace por capas de 15 cm. o menos, compactándolos al 95% antes de colocar la siguiente capa.

La sub-base queda terminada una vez que ha alcanzado 20 cm. de espesor.

El material destinado a formar la base y sub-base consiste en mezcla de tezontle (80%) y tepetate (20%) el cual sirve de cementante. Dicho material es tendido en el cuerpo del terraplén ya preparado, en sus proporciones debidas y con el grado de humedad óptima, para ser tendido, por medio de una moto conformadora en capas de espesor menor de 15 cm. para proceder a la compactación de dicha capa.

El equipo a emplear para realizar la compactación consiste en un rodillo liso vibratorio o algún otro equipo similar.

Para la realización de la base se emplea un procedimiento similar con la excepción de que en éste caso la capa tiene 15 cm. de espesor.

Un factor de suma importancia consiste en la explotación de los bancos y la preparación del material, en dichos bancos, destinado a la construcción de la sub-base y base.

La localización de dichos bancos es dada por la Sec. de Obras Públicas basándose en los volúmenes por extraer y la calidad del material.

La explotación de los bancos es la siguiente:

Una vez obtenido el material por medio de un tractor y cargadores se conduce a una criba en la cual es proporcionado el material en los volúmenes adecuados, indicados por especificación, dicho material es acarriado y tendido en el cuerpo del terraplén en donde se le agrega la humedad adecuada para su compactación. El agua es integrada al material por medio de camiones pipas.

Una vez terminada la base, se barre la superficie de la misma para regar el asfalto y dar el riego de impregnación; éste riego estabiliza la base y la hace impermeable. La dosificación fluctúa entre 1.2 y 1.7 Lts./m<sup>2</sup>., dependiendo de los materiales empleados en la base o en su granulometría. Hecho el riego de impregnación, se deja por un término de 72 horas aproximadamente, sin el paso de vehículos,

dando así tiempo a que el asfalto penetre a la base. Transcurrido ese tiempo es conveniente comprobar la calidad del trabajo con el paso de vehículos ya que en ocasiones suelen aparecer baches que es necesario corregir antes de proceder a la construcción de la carpeta.

Para construir la carpeta de un riego, se esparce el material pétreo; una vez efectuado este riego, se conforma y nivela la superficie con rastras, ya sean cepillos de raíz o de alambre. Enseguida de esta operación se procede a incrustar el material pétreo sobre el asfalto regado, haciéndolo de preferencia con una aplanadora de 2 rodillos lisos de fierro y cuyo peso varía entre 3 y 10 toneladas.

Para carpetas de 3 riegos, sobre la base impregnada, se extiende con una esparcidora de material, una capa uniforme de piedra triturada de 1 1/2", sobre ésta capa se pasa una aplanadora de 3 rodillos con peso entre 10 y 12 toneladas, enseguida se da un riego con asfalto de fraguado rápido en una dosis de 1.5 Lts./m<sup>2</sup>. aproximadamente. Después se extiende una segunda capa con material de 3/4" esparciéndose y compactándose como en la capa anterior y se da un segundo riego de asfalto; para la tercera y última capa se procede igual que en las otras 2, esparciendo material triturado a 3/8" y planchándolo.

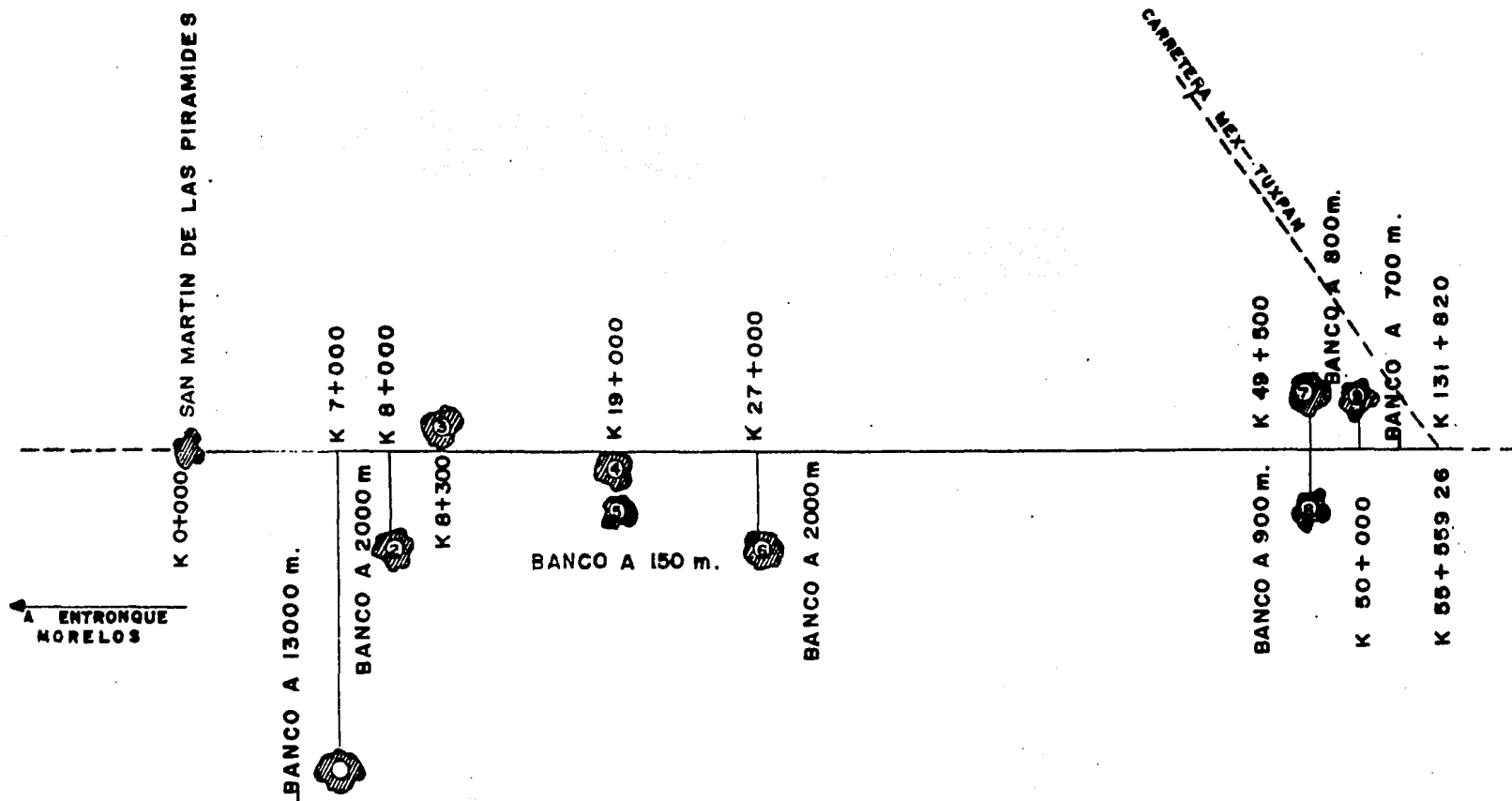
Para lograr un pavimento de calidad, es necesario que tanto los materiales que lo forman, como las combinaciones que con ellos se hagan, sean los adecuados; así, se hace necesario un control de calidad de todas sus partes componentes, debiendo cumplir con los requisitos fijados por las especificaciones.

### 5.3) LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIAL DESTINADOS A LA FORMACION DE LA SUB-BASE Y BASE.

La localización de los bancos destinados a producir material para la sub-base y base es la siguiente:

- Banco #2 En el Km. 36 a 2 Km. a la derecha del camino.
- Banco #3 En el Km. 45 a 300 m. a la derecha del camino.
- Banco #4 En el Km. 45 + 800, de tepetate para aumentar a 150 m. del trazo.
- Banco #5 En el Km. 45 + 800, de tezontle, a 300 m. del trazo.
- Banco #7 En el Km. 71 + 780, de tezontle, a 800 m. del trazo.
- Banco #9 En el Km. 71 + 780, de tepetate para aumentar, a 800 m. del .

## UBICACION DE BANCOS DE MATERIAL PARA PAVIMENTACION



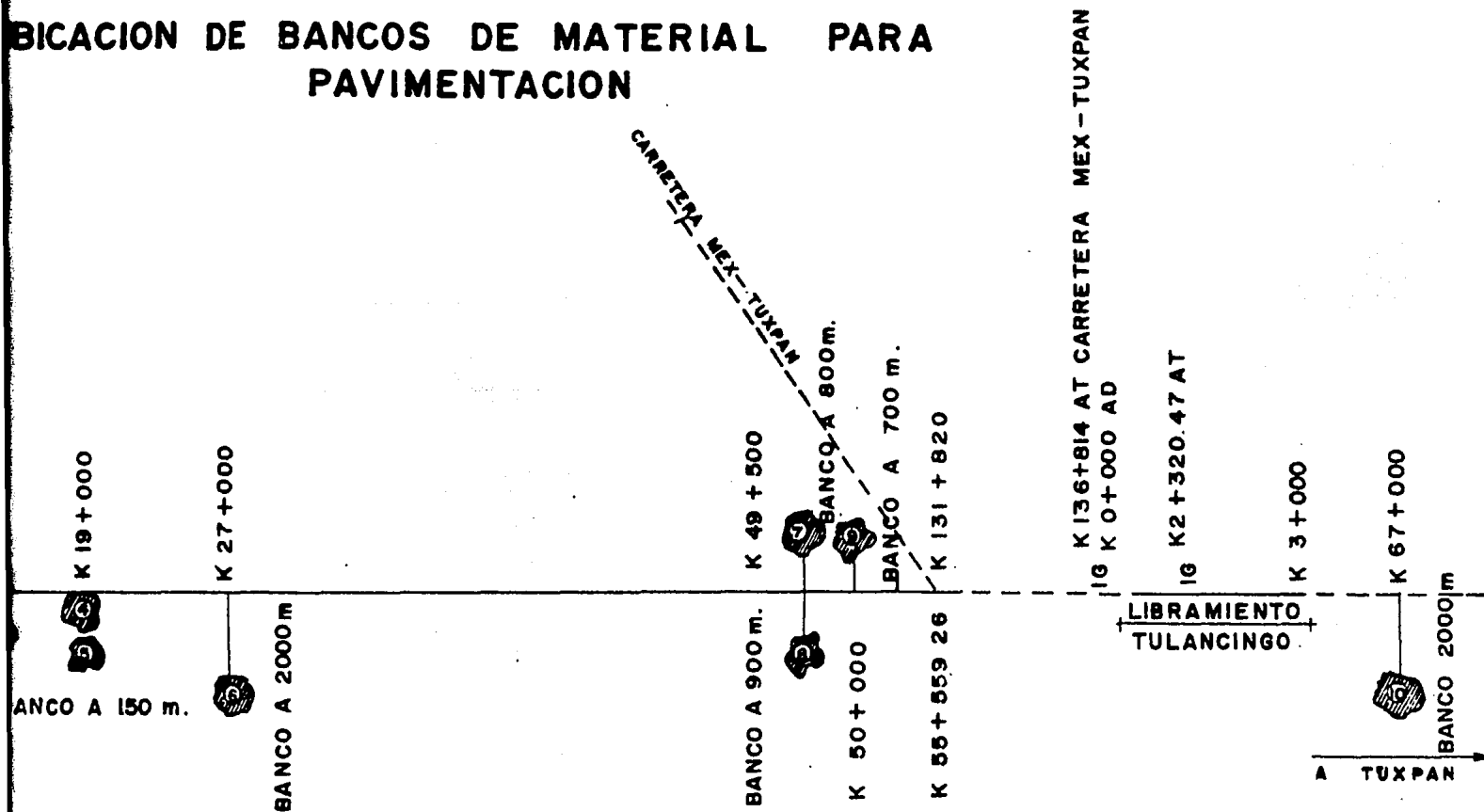
BANCO	MATERIAL	TRATAMIENTO PROBABLE	MEZCLA APROX PARA SU UTILIZACION
2	Tezontle rojo	Trituracion parcial ó tribado	80% Banco No.2 y 20% Banco No. 3
3	Tepetate	Disgregado	20% Banco No.3 y 80% Banco No. 2
4	Tezontle rojo	Trituracion parcial ó tribado	80% Banco No.4 y 20% Banco No. 5
5	Tepetate	Disgregado	20% Banco No.5 y 80% Banco No. 4
6	Tezontle rojo	Trituracion parcial ó tribado	80% Banco No.7 y 20% Banco No. 9
7	Tepetate	Disgregado	20% Banco No.9 y 80% Banco No. 7

BANCO	MATERIAL	TRATAMIENTO PROBABLE
6	Riolito	Trituracion Total a tamaño maximo de 19 mm. (3/4")
8	Basalte	Trituracion Total a tamaño maximo de 19 mm. (3/4")
10	Basalte	Trituracion Total a tamaño maximo de 19 mm. (3/4")

BANCO	MATERIAL	TRATAMIE
1	Lapilli	Cribado para
6	Riolito	Trituracion Total y C
8	Basalte	Trituracion Total y
10	Basalte	Trituracion Total y

NOTA: La Localizacion de bancos anel tiene como origen de cadenasiel San Martin de las piramides Mex.

# LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIAL PARA PAVIMENTACION



## MEZCLA APROX PARA SU UTILIZACION

0% Banco No. 2 y 20% Banco No. 3

0% Banco No. 3 y 80% Banco No. 2

0% Banco No. 4 y 20% Banco No. 5

0% Banco No. 5 y 80% Banco No. 4

0% Banco No. 7 y 20% Banco No. 9

0% Banco No. 9 y 80% Banco No. 7

## PROBABLE

No maximo de 19mm. (3/4")

No maximo de 19mm. (3/4")

No maximo de 19mm. (3/4")

BANCO	MATERIAL	TRATAMIENTO PROBABLE
1	Lapilli	Cribado para obtener material 3-E
6	Riolito	Trituracion Total y Cribado para obtener material 3-E
8	Basalto	Trituracion Total y Cribado para obtener material 3-E
10	Basalto	Trituracion Total y Cribado para obtener material 3-E

**NOTA:** La Localizacion de bancos anotados en este croquis tiene como origen de cadenamiente la poblacion de San Martin de las piramides Mex.

trazo.

#### 5.4) OBTENCION DEL MATERIAL DESTINADO A LA FORMACION DE LA CARPETA.

El material destinado a la formación de la carpeta deberá pasar las pruebas de dureza, desgaste, adherencia y granulometría, dichas especificaciones obligadas por la Sec. de Obras Públicas.

##### Dureza.-

Es la prueba a que se somete al material extraído para determinar su resistencia o su valor relativo de soporte. Dicho valor obtenido en nuestro caso es elevado, por tanto la compactación no alcanza el 100%

##### Desgaste.-

Es la característica del material que determina su durabilidad. El material se sumerge en una solución de nitrato de sodio, esta operación debe realizarse en 3 ocasiones con una duración de 24 hrs. cada una, disminuyendo su peso. El índice de adaptación debe ser menor del 30% para que el material pueda ser utilizado.

##### Adherencia.-

Propiedad del material de permanecer unido entre sí. Esta prueba se realiza por medio de la adición de asfalto al material triturado.

##### Granulometría.-

Es la capacidad de fragmentación del material. Se efectúa mediante la clasificación por medio de mallas (de la #200 a la 3/4").

Los bancos son:

Banco #1 (Lapellí, sello 3E, Volcánica) se encuentra cerca de Amatepec Km. 30.

Banco principal con una franja de 15 cm. de ancho de material utilizable, siendo lo demás material inadecuado.

Banco #6 (Riolita) para carpeta y sello, se encuentra cerca de Tepeyahualco.

Banco #8 (Basalto) para carpeta y sello, a 200 del trazo en Km. 71 + 780.

Banco #10 Para material 3E y base, se encuentra cerca de Tulancingo.

Para la localización de los bancos se recurre al reconocimiento Geológico Topográfico. El cual consiste en un previo recorrido a través del terreno siguiendo el trazo del camino por construir, de

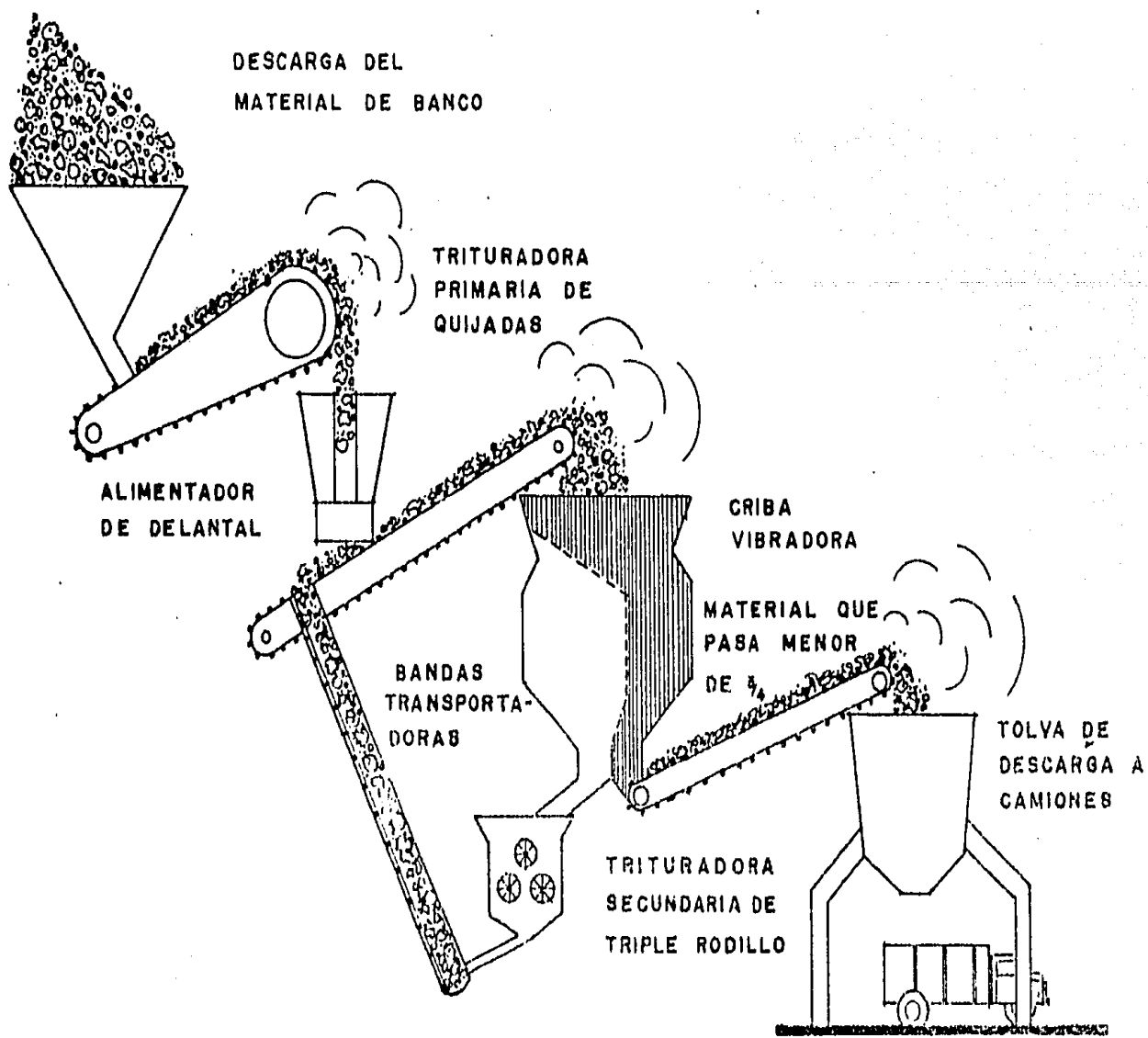
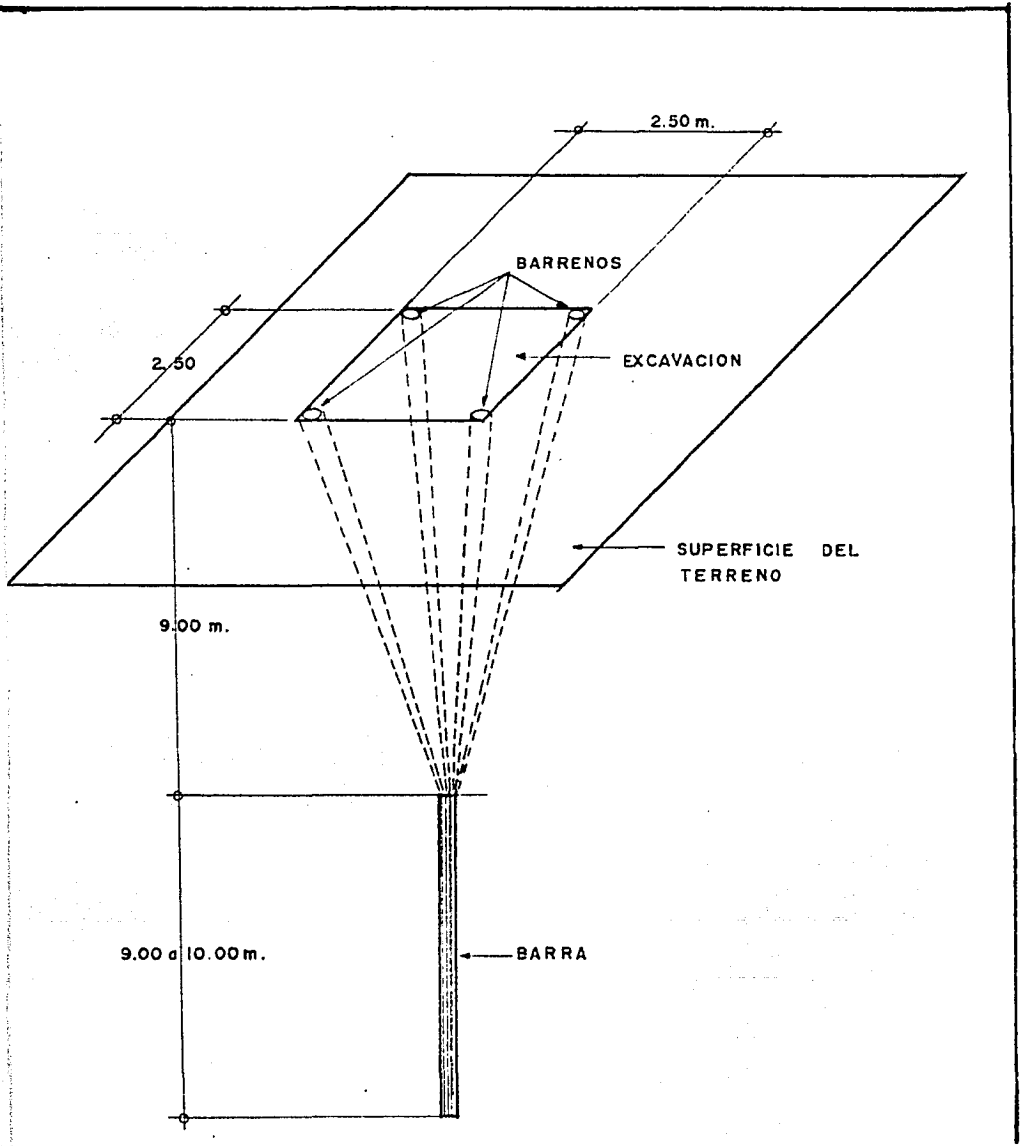


DIAGRAMA PLANTA DE TRITURACION

U N A M
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANEACION GENERAL
JOSE LUIS GUERRERO I.
1 9 7 0



**SONDEO**

U N A M
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANEACION GENERAL
JOSE LUIS GUERRERO L.
1 9 7 0

tal modo que, con la orientación obtenida de los planos topográficos del lugar, se corroboren los datos de la Sec. de Obras Públicas, así como el trayecto, sus características propias y se determinen físicamente los bancos probables de materiales necesarios, mismos que, por las pruebas de análisis y localización se aceptarán o rechazarán.

El criterio geológico deberá tener en cuenta los tipos de roca propias de la región (riolita y andesita), concretándose a buscar en las cercanías los bancos necesarios para la construcción, a los cuales se les ensayarán las pruebas necesarias.

El criterio topográfico además de considerar los accidentes del terreno, deberá limitar la extensión y localización de los bancos.

Para la selección del banco deberán seguirse los siguientes pasos:

- a) Aforamiento de roca.- Esto es el ir tomando muestras a cada 100 m. de material en los diferentes puntos donde necesitamos verificar la localización de un banco que haya sido reconocido por las pruebas geológicas-topográficas.
- b) Pruebas de laboratorio.- Que son las indicadas anteriormente y por medio de las cuales se acepta o se rechaza el material.
- c) Sondeos.- Estos se llevan a cabo para reconocer la capacidad y extensión del banco. La manera de hacerlo es perforando 4 barrenos en forma de pirámide, a una profundidad de 9 m. Estos barrenos se cargan y explotan, extrayendo el material producto, a continuación se analizan rocas y polvos. Se introduce una barra de 9, a 10 m. El polvo producido al incarla se compara con el obtenido en la profundidad en donde se obtengan residuos iguales, se considerará que se encuentra la roca sana y dentro de especificaciones. En caso de que el material no sea homogéneo, se acortará a distancia entre los barrenos y se repite la prueba.

Este proceso se relaciona directamente con la planta de trituración, por lo que deberá ser ubicada ésta lo más cerca posible del banco de explotación.

Se relaciona también con la planta de asfalto, las mamposterías para obras de arte, libramientos, contensiones, etc.

El objeto fundamental de éste proceso, es el encontrar la manera más económica de abastecer de material (roca sana) a la obra en construcción.

La mayor parte del producto extraído se conduce a la planta de trituración la cual se encarga de graduarlo al tamaño requerido (menor de 3/4"). Una vez triturado, el material, se conduce hasta la planta de asfalto, en donde es separado por medio de cribas en 4 tamaños: 3/4", 5/8", 1/2" y 3/8", hasta No. 100, luego se elimina el polvo retenido en la malla No. 200 por medio de un chiflón de aire a presión. A continuación se dosifican los tamaños de las gravas mezclándolas con el cemento asfáltico, por medio de báscula; empleándose cemento asfáltico No. 6.

Especificaciones generales a que esta se sujeta:

La obra de explotación y extracción de roca sana del banco disponible, deberá proporcionar el material suficiente para una demanda de 24 500 m<sup>3</sup>. de grava triturada, que requiere la construcción del tramo del camino.

Las especificaciones relacionadas con las características físicas del material son de carácter obligatorio (S.O.P.). Los relacionados con el método de operación, los define el constructor.

Descripción del procedimiento de explotación.-

Una vez realizados los pasos anteriormente citados o sea, definido el banco a explotar se procede a la explotación del mismo que consta de:

- A) Desmonte y desenraice.- Consiste en limpiar de plantas (árboles y arbustos) y raíces del lugar de operación. Se lleva a cabo por medio de una cuadrilla de 5 peones que realice las actividades de raza, tala y desenraice.
- B) Despalme.- Se refiere fundamentalmente a quitar la capa de material superficial para poder trabajar. Los pasos a seguir son: Extracción, acarreo y depósito en lugares de deshecho. La misma cuadrilla de ataque se encarga de ésta actividad.
- C) Barrenación.- Perforación de la carretera. Por medio del Track Drill, se perfora hasta 15 m. usando 4 barras de extensión y una de golpeo, con una barra de 2 1/2". Para este tipo de broca se emplea un patrón de barrenación de 2 x 2 (separación entre barrenos) La separación de los barrenos depende de él diámetro de la broca, la profundidad del barreno y el tipo de roca. La indicación de los barrenos deberá ser de 1/4 a 1.
- D) Carga y voladura.- La densidad de los barrenos determina la canti

dad de explosivos.

En nuestro caso se emplean aproximadamente 3 Kg. por barreno, para un consumo supuesto de 450 Kg./m<sup>3</sup>. Se considera que de 350 a 400 gr./m<sup>3</sup>. se obtendrá material cargable con tractor de 400 a 450 gr./m<sup>3</sup>. para cargar camiones y de 700 a 800 gr./m<sup>3</sup>. el material más pequeño y conveniente para trituración.

La carga utilizada afecta un área de voladura de 4 a 6 m<sup>2</sup>., la carga del material se hace mediante un cargador frontal. La voladura se realiza por el método de frente abierto o banco y deberá proporcionar un tamaño máximo de piedra de 18".

- E) Extracción del Material.- Mediante un tractor cargador y camiones de volteo. Para el abastecimiento de la trituradora, se emplea únicamente un camión. La roca de gran tamaño (30 a 50 Kg.) se usa en la construcción de la mampostería.

#### 5.5) ORGANIZACION Y PROGRAMA.

Organización de los frentes de bancos de extracción.

Personal de la Planta de Trituración:

	Sueldo Semanal	Importe Semanal
1 Sobrestante	\$ 1 220.00	\$ 1 220.00
4 Operadores trituradora	\$ 450.00	\$ 1 800.00
2 Operadores cargador	\$ 600.00	\$ 1 200.00
2 Operadores control	\$ 450.00	\$ 900.00
2 Soldadores	\$ 400.00	\$ 800.00
1 Operador Track Drill	\$ 300.00	\$ 300.00
1 Ayudante Track Drill	\$ 220.00	\$ 220.00
2 Mecánico Diesel	\$ 600.00	\$ 1 200.00
1 Ayudante mecánico	\$ 400.00	\$ 400.00
2 Choferes	\$ 350.00	\$ 700.00
8 peones	\$ 250.00	\$ 2 000.00
		<hr/>
IMPORTE TOTAL		\$ 10.740.00

Servicios Generales de Frente:

	Sueldo Semanal	Importe Semanal
1 Mecánico A	\$ 1 350.00	\$ 1 350.00
1 Electricista A	\$ 1 230.00	\$ 1 230.00

1 Mecánico B	\$ 600.00	\$ 600.00
1 Electricista B	\$ 500.00	\$ 500.00
4 Choferes	\$ 300.00	\$ 1 200.00
3 Engrasadores	\$ 250.00	\$ 750.00
<b>IMPORTE TOTAL</b>		<b>\$ 5 630.00</b>

**Maquinaria para la Planta de Trituración:**

	Costo Semanal	Importe Semanal
1 Trituradora primaria (trituradora de muelas)	\$ 10 080.00	\$ 10 080.00
1 Trituradora secundaria (quebradora de triple rodillo)	\$ 8 640.00	\$ 8 640.00
1 Cargador 944	\$ 6 480.00	\$ 6 480.00
1 Compresor 600 pcm.	\$ 4 320.00	\$ 4 320.00
1 Track Drill (pistola y accesorios)	\$ 1 800.00	\$ 1 800.00
4 Bandas transportadoras de 18"	\$ 420.00	\$ 1 680.00
1 Planta de Luz 150	\$ 1 800.00	\$ 1 800.00
1 Planta de soldar	\$ 300.00	\$ 300.00
4 Camión Volteo	\$ 1 200.00	\$ 4 800.00
1 Camioneta F-350	\$ 750.00	\$ 750.00
1 Carro VW	\$ 600.00	\$ 600.00
<b>IMPORTE TOTAL</b>		<b>\$ 41 250.00</b>

**Rendimiento de la Planta de Trituración:**

Rendimiento de la planta 30 m<sup>3</sup>. por hora.

Volúmen Semanal: 30 x 12 = 2 160 m<sup>3</sup>. por semana.

**Herramientas y Accesorios.-**

- Picos, palas, barretas, machetes, hachas y carretillas de marcas comerciales diversas (para: desmonte, desenraice y despalme).
- Broca Tungsteno para barrenación: marca Fagersta, de 2 1/2", con cuerda, Rope.
- Barras de extensión: 1 1/2", de 3 m. de longitud.
- Barras de golpeo: (con zancos), de 1 1/2" por 3 m. de longitud
- Coples de unión de 1 1/2": s/marca.
- Mangueras: de baja presión para aire: de 3/4".
- Tuberías: para alimentaciones generales; de 4 a 6", y para rama-

les de 2" s/marca.

**Explosivos:**

- a) Cartuchos de dinamita Extra 60% (en un 25%).
- b) Agente explosivo (de la Dupont): Supermexamon "G" (en un 75%).
- c) Cordón explosivo (de la Dupont): Primacord.
- d) Fulminante o Estopín: se usan indistintamente. Con el 2o. se obtienen retardos de milisegundos.

Costo para materiales Triturados:

Volúmen promedio semanal:  $2\ 160\ m^3$ .

Costo por Maquinaria:

Costo promedio semanal: \$ 41 250.00

Costo por Maquinaria: \$ 41 250 =  $2\ 160 =$  \$ 19.10  $m^3$ .

Costo por Obra de Mano:

Costo promedio semanal: \$ 10 740 + 20% de Servicios Grales = \$ 11 866.

Costo por Obra de Mano: \$ 11 866 =  $2\ 160 =$  \$ 5.49  $m^3$ .

TOTAL \$ 24.59  $m^3$ .

**Análisis del Costo de la Extracción.-**

**Equipo:**

Compresor 600 pcm. \$ 1 152.00/hr.

Track Drill \$ 101.00/hr.

Tubería de 2" \$ 1.20/hr.

200 x 25 x 0.41/1 200

\$ 1 254.20/hr.

Velocidad de barrenación: 8.00m./hr.

Patrón de barrenación: 2 x 2

Coeeficiente de barrenación:  $1/2 \times 2 = 1/4 = 0.25$

Volúmen por hora:  $8/0.25 = 32\ m^3$ .

Cargo por Equipo =  $1\ 254.20/32 =$  \$ 39.19

**Herramienta:**

	Duración	Costo	Costo/m.
Barras de Extensión	200 m.	262.50	1.31
Coples	200 m.	181.25	0.91
Barra de Golpeo	1 500 m.	581.25	0.39
Broca de 2 1/2"	350 m.	825.00	2.21
		TOTAL	\$ 4.82

Costo por herramienta =  $4.82 \times 0.25 =$  \$ 1.21

**Explosivos y Artificios:**

Consumo supuesto =  $0.450\ Kg./m^3$ .

Proporción dinamita - Supermexamón 25-75

Dinamita 0.25 x 0.45 x 7.50	=	\$	0.84	
Supermexamón 0.75 x 0.45 x 2.45	=	\$	0.83	
Primacord 1.1 x 1.60/9	=	\$	0.20	
Estopín alambre guía	=	\$	0.05	
		\$	1.92	\$ 1.92

Obra de Mano:

Personal:

1 Poblador	1 x 49.65 =	\$	49.65
2 Cargadores	2 x 42.21 =	\$	84.42
2 Ayudantes	2 x 32.27 =	\$	64.54
		\$	198.61

Rinde 72 x 8 x 0.75 = 432 m<sup>3</sup>./turno.

Costo por Obra de Mano: \$ 198.61/432 = \$ 0.46

Resumen:

Costo por Equipo	=	\$	39.19
Costo por Herramienta	=	\$	1.21
Explosivos y Artificios	=	\$	1.92
Obra de Mano	=	\$	0.46
TOTAL		\$	42.78/m <sup>3</sup> .

Remoción.-

Cargador, rinde	\$ 125.00 m <sup>3</sup> ./hora
Costo horario	\$ 180.00 hora
Costo por Cargador	180/125 = \$ 1.44/m <sup>3</sup> .

Maquinaria para la Planta de Asfalto.-

	Costo Semanal
1 Planta de Asfalto	\$ 31 680.00
1 Cargador 944	\$ 6 480.00
1 Planta de Luz 150	\$ 1 800.00
1 Planta de Luz 12	\$ 480.00
COSTO TOTAL	\$ 40 440.00.

Personal de la Planta de Concreto Asfáltico.-

	Importe Semanal
1 sobrestante	\$ 1 160.00
1 operador báscula	\$ 580.00
1 operador de planta	\$ 580.00
1 plantero	\$ 265.00
1 operador cargador	\$ 580.00
3 peones	\$ 750.00
1 soldador	\$ 400.00
1 mecánico	\$ 600.00
<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>\$ 4 915.00</b>

Rendimiento de la planta: 20 m<sup>3</sup>. por hora

Volumen semanal 20 x 9 x 6 = 1 080 m<sup>3</sup>. por semana.

**Personal para el Tendido y Compactación de la Carpeta.-**

	Importe Semanal
1 sobrestante	\$ 1 160.00
1 operador pavimentación	\$ 300.00
1 ayudante operador pavimentación	\$ 220.00
1 operador agrícola	\$ 300.00
1 operador plancha	\$ 300.00
2 peones	\$ 500.00
1 checador	\$ 278.00
<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>\$ 3 058.00</b>

**Servicios Generales del Frente.-**

	Importe Semanal
1 Ingeniero	\$ 1 200.00
2 mecánicos Diesel	\$ 800.00
2 ayudantes mecánicos Diesel	\$ 650.00
1 chofer	\$ 300.00
<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>\$ 2 950.00</b>

**Maquinaria para Tendido y Compactación de Carpeta.-**

	Costo Semanal
1 alimentadora	\$ 4 500.00
1 plancha 10-12	\$ 3 000.00

1	pneumático P-64	\$	1 080.00
1	camioneta F-100	\$	750.00
COSTO TOTAL		\$	9 330.00

Maquinaria para Riego de Sello.-

			Costo Semanal
1	esparzidor	\$	940.00
1	plancha 6-8	\$	1 000.00
1	barredora	\$	340.00
COSTO TOTAL		\$	2 280.00

Maquinaria para Riego de Impregnación.-

			Costo Semanal
1	barredora	\$	340.00
1	petrolizadora	\$	1 800.00
1	tractor agrícola	\$	500.00
COSTO TOTAL		\$	2 640.00

Costo aproximado del Tendido y Compactación de la Carpeta:  
 $20 \text{ m}^3$ . por hora producción semanal  $20 \times 12 \times 6 = 1 440 \text{ m}^3$ .

Para tendido y compactación de la Carpeta:

Producción semanal  $1 440 \text{ m}^3$ .

Costo de Maquinaria:

Promedio semanal \$ 9 330.00

$$\text{Costo por Maquinaria} = \frac{9\ 330}{1\ 440} = 6.48/\text{m}^3$$

Costo de Obra de Mano promedio semanal

+ 40% por servicios generales (\$ 1 180.00)

=  $3\ 058 + 1\ 180 = 4\ 238.00$

$$\text{Costo por Obra de Mano} = \frac{4\ 238}{1\ 440} = 2.94/\text{m}^3$$

Costo Directo \$  $9.42/\text{m}^3$ .

+ 15% Gastos Generales \$  $1.41/\text{m}^3$ .

TOTAL \$  $10.83/\text{m}^3$ .

Programa del Material a Producir por Banco:

1.-	Producción material sello	Banco 1	1 570 $\text{m}^3$ .
a)	Producción material carpeta	Banco 6	15 490 $\text{m}^3$ .

2.- Producción material sello Banco 6	2 400 m <sup>3</sup> .
b) Producción material carpeta Banco 8	6 170 m <sup>3</sup> .
3.- Producción material sello Banco 8	1 560 m <sup>3</sup> .
c) Producción material carpeta Banco 10	1 010 m <sup>3</sup> .
4.- Producción material sello Banco 10	570 m <sup>3</sup> .

Estos volúmenes son entregados por la S.O.P.

Organización y Funcionamiento del Frente de Material para Sub-base y Base.-

Se necesita montar una planta de cribado cuyo personal consiste en:

Planta de Cribado:	Sueldo Semanal	Importe Semanal
1 sobrestante	\$ 850.00	\$ 850.00
2 operadores de Criba	\$ 355.00	\$ 710.00
4 operadores de tractor	\$ 820.00	\$ 3 280.00
1 soldador	\$ 400.00	\$ 400.00
10 choferes	\$ 300.00	\$ 3 000.00
1 mecánico	\$ 600.00	\$ 600.00
8 peones	\$ 250.00	\$ 2 000.00
<b>IMPORTE TOTAL</b>		<b>\$ 10 840.00</b>

Planta de Mezclado:	Sueldo Semanal	Importe Semanal
1 sobrestante	\$ 910.00	\$ 910.00
2 operadores mezcladora	\$ 355.00	\$ 710.00
4 operadores tractor	\$ 640.00	\$ 2 560.00
4 peones	\$ 154.00	\$ 616.00
4 choferes	\$ 300.00	\$ 1 200.00
1 soldador	\$ 400.00	\$ 400.00
<b>IMPORTE TOTAL</b>		<b>\$ 6 396.00</b>

Maquinaria necesaria para la Planta de Cribado:

	Costo Semanal	Importe Semanal
2 tractores D-8	\$ 12 960.00	\$ 25 920.00
1 Criba vibratoria	\$ 900.00	\$ 900.00
2 bandas transportadoras 24"	\$ 480.00	\$ 960.00
2 alimentadoras de plato 24"	\$ 180.00	\$ 360.00
1 planta de Luz de 50 kw.	\$ 1 440.00	\$ 1 440.00

5 camiones de volteo F-600	\$ 1 200.00	\$ 6 000.00
1 planta de soldar	\$ 300.00	\$ 300.00
IMPORTE TOTAL		\$ 35 880.00

Maquinaria para la Planta Estabilizadora:

	Importe Semanal	
1 estabilizador	\$ 3 000.00	
1 tractor D-6	\$ 7 200.00	
1 tractor D-4	\$ 5 760.00	
2 camiones pipa	\$ 1 200.00	
1 banda transportadora de 18"	\$ 420.00	
1 alimentación de placa de 10"	\$ 180.00	
1 bomba de 4"	\$ 450.00	
1 planta de soldar	\$ 300.00	
IMPORTE TOTAL		\$ 18 510.00

Rendimiento de la Planta de Cribado.-

Rendimiento de la Planta =  $120 \text{ m}^3 \cdot \text{hora}$   
 Volúmen semanal =  $120 \times 12 \times 6 = 8\ 640 \text{ m}^3 \cdot \text{x semana}$

Rendimiento de la Planta de Mezclado

Rendimiento de la Planta =  $80 \text{ m}^3 \cdot \text{hora}$   
 Volúmen semanal =  $80 \times 12 \times 6 = 5\ 760 \text{ m}^3 \cdot \text{x semana}$

Costo aproximado para Materiales Cribados:

Maquinaria:

Volúmen promedio semanal =  $8\ 640 \text{ m}^3$ .  
 Costo semanal de la maquinaria = \$ 35 880.00  
 Costo por maquinaria =  $35\ 880 / 8\ 640 = 4.15 / \text{m}^3$ .

Obra de Mano:

Costo semanal de la O. de Mano \$ 10 840.00 + 20%  
 de servicios generales 2 168 = \$ 13 008.00  
 Costo por Obra de Mano  $13\ 008 / 8\ 640 = 1.55 / \text{m}^3$ .  
 $5.70 / \text{m}^3$ .  
 + 15% Gastos Generales  $0.85 / \text{m}^3$ .  
 TOTAL \$  $6.55 / \text{m}^3$ .

Costo aproximado para Material Estabilizado:

Maquinaria:

Volúmen promedio semanal =  $5\ 760 \text{ m}^3$ .

Costo promedio semanal	= \$ 18 510.00	
Costo por maquinaria	18 510/5 760 =	3.21/m <sup>3</sup> .
Obra de Mano:		
Costo promedio semanal	= \$ 6 396.00	
Costo por obra mano	= 6 396/5 760 =	1.11/m <sup>3</sup> .
		<u>4.32/m<sup>3</sup>.</u>
	+ 15% Gastos Generales	0.65/m <sup>3</sup> .
		<u>TOTAL \$ 4.97/m<sup>3</sup>.</u>

Organización y Funcionamiento del Frente de Tendido de Sub-base y Base.-

Personal necesario para el Tendido y Compactación de la Base y Sub-base:

	Sueldo Semanal	Importe Semanal
1 sobrestante	\$ 1 160.00	\$ 1 160.00
2 operadores de espaciador	\$ 355.00	\$ 710.00
2 ayudantes de operador de espaciador	\$ 220.00	\$ 440.00
2 operadores tractor agrícola	\$ 530.00	\$ 1 060.00
2 operadores planta	\$ 265.00	\$ 530.00
1 auxiliar de topógrafo	\$ 350.00	\$ 350.00
2 cadeneros	\$ 250.00	\$ 500.00
1 cabo de línea	\$ 250.00	\$ 250.00
1 chofer	\$ 300.00	\$ 300.00
2 checadores	\$ 275.00	\$ 550.00
3 peones	\$ 250.00	\$ 750.00
	IMPORTE TOTAL	\$ 6 600.00

Personal para Barrido y Riego de Impregración y Sello:

	Sueldo Semanal	Importe Semanal
1 cabo de pavimentación	\$ 400.00	\$ 400.00
1 operador de petrolizadora	\$ 355.00	\$ 355.00
1 ayudante de operador de petrolizadora	\$ 220.00	\$ 220.00
8 peones	\$ 250.00	\$ 1 000.00
1 operador tractor agrícola	\$ 530.00	\$ 530.00
8 operadores plancha	\$ 300.00	\$ 2 400.00
	IMPORTE TOTAL	\$ 4 905.00

**Maquinaria para Tendido y Compactación de la Base y Sub-base:**

	Importe Semanal
1 Esparcidor	\$ 3 000.00
1 Rodillo vibratorio	\$ 3 100.00
1 Pneumático P-64	\$ 1 080.00
1 Plancha 10-12	\$ 3 000.00
1 Tractor agrícola	\$ 500.00
1 Camioneta F-350	\$ 750.00
	<hr/>
IMPORTE TOTAL	\$ 11 430.00

**Rendimiento del Tendido de Base y Sub-base.-**

Rendimiento 80 m<sup>3</sup>. x hora  
 Producción semanal 80 x 12 x 6 = 5 760 m<sup>3</sup>.

**Rendimiento del Barrido y Riego de Impregnación.-**

Rendimiento 1 000 Lts. x hora  
 Producción semanal 1 000 x 6 x 8 = 4 800 Lts.

**Costo aproximado para Tendido de Base y Sub-base estabilizadas:**

Producción semanal 5 760 m<sup>3</sup>.

**Maquinaria:**

Costo de maquinaria promedio semanal = 11 430.00  
 Costo por Maquinaria = 11 430/5 760 = 1.68/m<sup>3</sup>.

**Obra de Mano:**

Costo de O. de Mano promedio semanal = 6 600.00  
 + 20% de Servicios generales (1 320) = 7 920.00  
 Costo por Obra de Mano = 7 920/5 760 = 1.35/m<sup>3</sup>.

---

3.03/m<sup>3</sup>.

+ 15% Gastos Generales 0.45/m<sup>3</sup>.

TOTAL \$ 

---

3.48/m<sup>3</sup>.

**Costo aproximado para Riego de Impregnación y Barrido:**

Producción semanal 30 000 Lts.

**Maquinaria:**

Costo de maquinaria promedio semanal = 1 200.00  
 Costo por Maquinaria = 1 200/30 000 = 0.04/lt.

**Obra de Mano:**

Costo de O. de Mano promedio semanal = 1 330.00

Costo por Obra de Mano	= 1 330/30 000=	0.04/lts.
Costo por Materiales		<u>0.27/lts.</u>
	Costo Directo	0.35/lts.
	+ 15% Gastos Generales	<u>0.05/lts.</u>
	TOTAL \$	0.40/lts.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION  
DE LA OBRA

6.1) ORGANIZACION.

La planeación general de la obra depende de los siguientes factores:

- 1.- Aspecto ecológico de la obra.
- 2.- Aspecto relativo al personal.
- 3.- Aspecto administrativo y técnico.
- 4.- Aspecto técnico.
- 5.- Aspecto relativo a condiciones específicas del contrato.

Aspecto Ecológico.-

Se trata de un estudio somero del medio ambiente.

- a) La zona cruzada por el tramo está formada por una serie de planicies hechas de tepetate y roca de origen volcánico, tezontle, las elevaciones montañosas son escasas.
- b) La existencia de agua es escasa durante la estación seca, a unos 22 Km. del lugar de inicio de la obra, sobre el trazo, existe un arroyuelo, que aparentemente lleva agua todo el año, el agua está lódosa y análisis de laboratorios muestran que contiene pocas sales disueltas, por lo que se podrá usar en la obra.
- c) La zona general es árida, por lo que la vegetación se limita a pastizal ramplón y uno que otro árbol. Se levantan tolvaneras fácilmente.
- d) El clima es extremo.

Aspecto relativo al personal.-

El personal, sobre todo trabajadores, proviene de los alrededores como de los pueblos de Otumba, Sta. María, etc.

El personal destinado a la construcción de la carretera se compone esencialmente de personal administrativo y personal de campo.

Respecto a la formación del personal administrativo, éste se compondrá de:

- 1 Jefe administrativo
- 1 Contador
- 1 Jefe de personal
- 1 Almacenista

- 1 Cajero
- 1 Ayudante de almacenista
- 1 Despachador
- 2 Tomadores de tiempo
- 1 Chofer
- 4 Veladores
- 1 Operador de radio

Respecto al personal de campo se requieren operadores de maquinaria pesada, mecánicos, soldadores, pobladores, peones, cabos, albañiles, etc. o sea todo el personal destinado a realizar la obra de mano.

#### Aspecto Administrativo y Técnico.-

La empresa dispone del personal administrativo y técnico capacitado para la realización de la obra.

En el aspecto administrativo, intervienen en forma importante, la organización de los campamentos y almacenes, el control del equipo, el mantenimiento del mismo, el control de personal, el control de programa, la organización de los frentes de ataque y en general el control del procedimiento de construcción.

#### Campamentos:

Se tendrán campamentos según el avance de la obra, se podrá contar con 3 campamentos que tengan casas para personal y oficinas con todos los servicios. Se tendrá un campamento auxiliar para la planta trituradora, con casa de trabajadores y almacén.

#### Los almacenes:

Los principales materiales que se tendrán en los almacenes serán:

Combustible	Acero de refuerzo
Lubricantes	Explosivos
Cemento	Refacciones y otros.

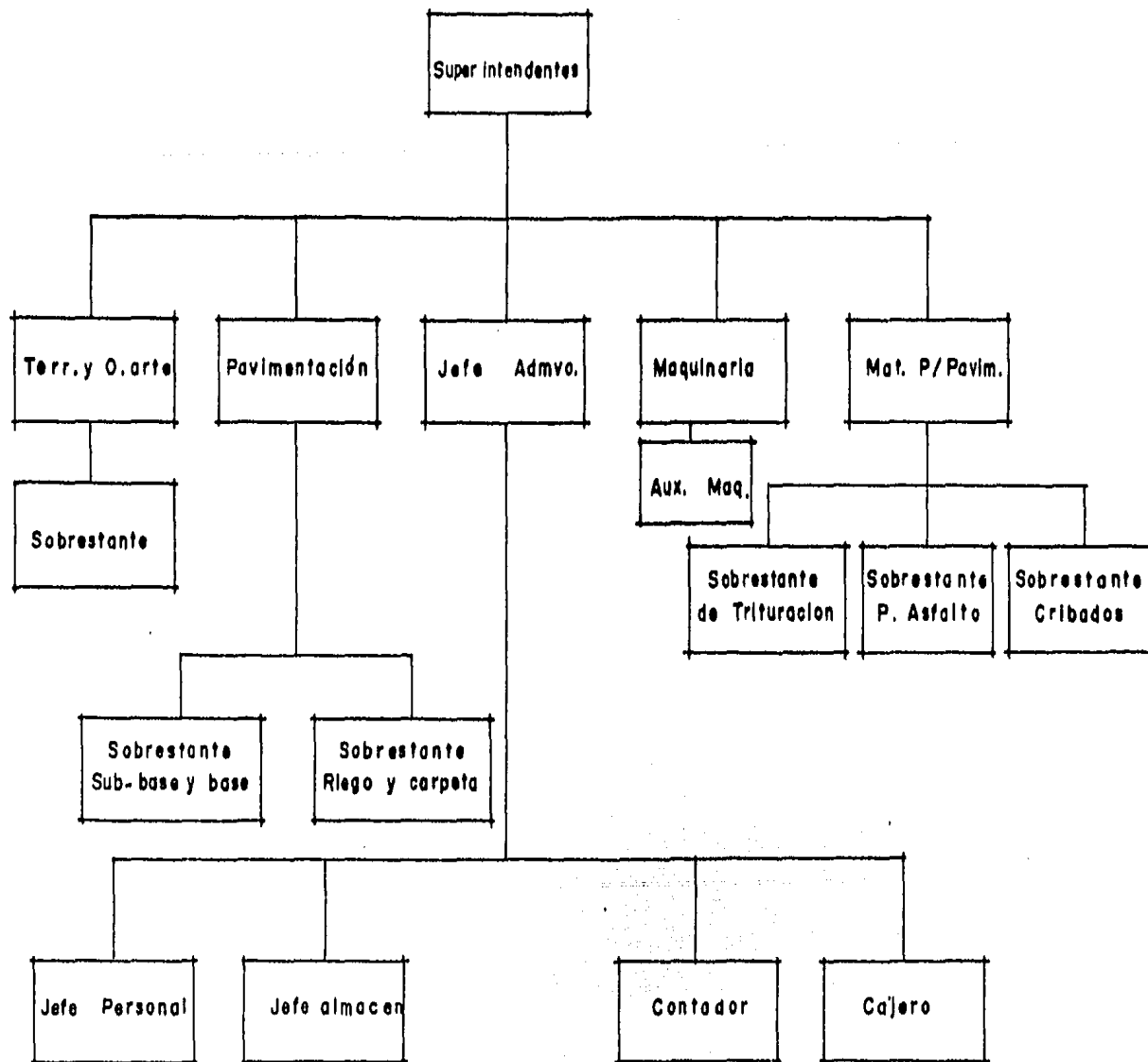
En la obra no se tendrán tanques de almacenamiento de combustible ya que se comprará según se necesite directamente en gasolineras.

Lubricantes, los manejará el almacén por medio de equipos o vehículos de lubricación, abasteciéndose por existencias mínimas y reportes mensuales de consumo.

El cemento, para obras de arte lo comprará directamente el sub-contratista, el cemento para la fábrica de tubo lo almacenará en la fábrica directamente, la compañía (son aproximadamente 200 toneladas).

# PIRAMIDES - TULANCINGO

## ORGANIGRAMA



El acero para las obras de arte lo comprará directamente el sub-contratista; solamente el destinado a la fábrica de tubo se tendrá almacenado en obra de dicha fábrica (3/8" son 35 toneladas).

Se necesitan explosivos y artificios para volar 70 000 m<sup>3</sup>. de roca con consumo promedio de 500 gr./m<sup>3</sup>. de material, en proporción de 30% dinamita extra, 70% supermexamon D.

Dinamita necesaria 70 000 x 0.5 x 0.3 = 10 500 Kg.

Supermexamon D 70 000 x 0.5 x 0.7 = 24 500 Kg.

Para el almacenamiento se construirá un polvorín con capacidad de 10 000 Kg. de explosivos, se localizará estratégicamente en el centro de gravedad de la zona en que se explotará la roca.

Refacciones, sólo se tendrán en almacen, las de uso frecuente que se surtirán con programa de existencia mínima.

Otros materiales se surtirán solamente con programa de necesidad mensual.

Respecto al control y administración de la maquinaria, factor importante en la ejecución de la obra.

El éxito de cualquier obra de ingeniería depende fundamentalmente de una buena administración de recursos disponibles, en este caso la administración y control de la maquinaria es importantísimo.

La planeación de la maquinaria se hace a partir del programa de obra, en el cual se ve la duración de cada actividad y el costo se implica realizarlo en dicho tiempo, a partir de dicho programa, se elaborará el programa de maquinaria y el programa de tiempo a emplear dicho programa.

La organización comprende la determinación y agrupación de actividades así como la asignación de la autoridad y la responsabilidad administrativa.

Las actividades correspondientes al departamento de maquinaria están expresadas en el siguiente programa:

En el caso de la maquinaria la dirección se realiza en diferentes niveles, jefe de frente, jefe de mecánicos, jefe de obra, superintendente, oficina central.

De las etapas de la administración, la más importante en nuestro caso es la de control, ya que para obtener los costos de la operación de maquinaria en función de sus rendimientos, hay que tener personal capacitado que registre dichas actividades.

El control que se lleva para cada máquina se encuentra reducido en una bitácora, la cual se envía junto con la máquina a las obras donde se ocupe; comprende varias partes que se desarrollarán a continuación:

**Control de llegada de Equipo.-**

Para saber el estado real en que se encuentra el equipo a su llegada a la obra, se tiene un registro que viene en la bitácora, en el cual se ven las características de la máquina, del motor y las reservas de depreciación y mantenimiento. Se cuenta también con un registro de las reparaciones mayores hechas a la máquina.

**Control de Costos.-**

Se analizan los siguientes conceptos para llevar una contabilidad mensual:

- a) Operación.- Gastos de personal que maneja el equipo.
- b) Consumos.- El operador entrega diariamente un reporte que especifica las cantidades de diesel, aceite de motor, aceite de transmisión y aceite hidráulico que se le puso a la máquina durante el día. Esto se surte mediante un camión-pipa de servicio que tiene todas las instalaciones necesarias para surtir combustibles, aceites y engrases necesarios. Este camión recorre diariamente la obra
- c) Mantenimiento.- Los servicios de mantenimiento se hacen durante el 3er. turno.

Dependiendo del tipo de máquina de que se trate, se hacen servicios de mantenimiento cada 100 hrs. y de revisión cada 500, 1 000, 5 000 y 10 000 hrs.

Según el tipo de revisión y el tiempo que tome ésta, cuando no sea posible hacerla en el 3er. turno, el ingeniero mecánico se pone en contacto con el jefe de grupo para avisar el paro de la máquina en cuestión.

El control de servicio de mantenimiento general se lleva a cabo en unas tarjetas en las cuales se registran diariamente la lectura del horómetro y el tipo de servicio que se efectuó.

- d) Rentas de Maquinaria.- El importe de la renta del equipo al realizar un trabajo es la depreciación que sufre el mismo durante el trabajo.

Los procesos más comunes para obtener la depreciación de la maquinaria son:

1.- En línea recta, en el que se desprecia el costo del equipo en partes iguales durante su vida útil.

2.- Método de cargo decreciente, que considera una depreciación mayor en los los. años que en los últimos.

La renta que se paga es según el número de horas que registra el horómetro, las cuales son diferentes a las horas reloj, y esto depende a que eficiencia o potencia está trabajando la máquina.

e) LLantas.- Cuando son pequeñas o de bajo costo, se incluyen en los costos generales de depreciación, en caso contrario, cuando su alto costo así lo amerita se trata como equipo aparte.

Control de tiempo de la Maquinaria.-

En el mismo informe diario del operador se señalan también los tiempos de rendimiento así como sus causas. Estos datos se vacían a una tarjeta de control mensual que forma parte de la bitácora.

Control de Reparaciones.-

En la obra se cuenta con un taller móvil en el cual se hacen las reparaciones menores, y en algunos casos reparaciones mayores.

Para hacer los pedidos se hace una requisición de refacciones, en la cual se especifican las características de la máquina en cuestión y una lista de las partes con sus números de catálogo y características respectivas.

Coordinación.-

Es un objetivo de la administración cuya meta es lograr un buen funcionamiento en conjunto de los diferentes departamentos y cuya actividad le corresponde al superintendente.

La función de dirigir implica la guía y la supervisión de los esfuerzos de los subordinados hacia el logro de las metas de la empresa.

La transferencia de información y el entendimiento de una persona con otra define el proceso de la comunicación.

Para realizar cualquier administración es necesario tener un sistema fijado de antemano en el cual ninguno de los componentes debe ser indispensable para que, en el caso de que uno falle, alguna de las otras personas pueda suplir su actividad con el objeto de optimizar la operación a realizar.

Esta función pertenece al personal técnico y tiene el fin de dar continuidad a la obra ante cualquier obstáculo, proporcionar da-

tos de construcción con anticipación, avances, programas, etc.

Este personal, en nuestro caso, es la parte central en el funcionamiento correcto de la obra, que debe estar completada con el buen estado del equipo y en correcto servicio de mantenimiento.

#### Aspecto Técnico.-

Quedará determinado por los lineamientos y especificaciones de la Sec. de Obras Públicas.

Respecto a la organización de los frentes de ataque, dada la situación del trazo respecto a caminos de acceso, poblaciones, etc. Es conveniente iniciar 2 frentes, el 1o. comienza en San Martín de las Pirámides y el 2o. en el pueblo de Sta. María, ambos en dirección a Tulancingo. Dichos frentes, por las facilidades que presentan hacen más económica la obra, pues se terminará en casi la mitad del tiempo que comenzando con un solo frente, ambos frentes se atacarían simultáneamente.

#### 6.2) PLANEACION GENERAL DE LA CONSTRUCCION DEL CAMINO.

Con el fin de planear las actividades que intervienen en la construcción del camino Pirámides-Tulancingo, podemos recurrir a la utilización del método de la Ruta Crítica, considerando que contamos con condiciones normales de trabajo, personal con experiencia suficiente y equipo necesario para la atención debida de los trabajos y el avance de éstos.

#### Lista de Secuencias para la Construcción del Camino San Martín Pirámides-Tulancingo.-

No. de Activ.	Descripción	Secuencias Antes	Inmdts. Después	Duración en días.
1	Movimiento de equipo	-	2	10
2	Desmante 2%	1	3-6-18	8
3	Excavación en cortes 1%	2	5-7-4	5
4	Formación Terraplén 4%	3	9-7	20
5	Escarificación Pav. Actual	3		26
6	Desmante al 100%	2		500
7	Excavaciones en cortes 100%	3		513
8	Formación Terraplén 100%	4		534
9	Colocación Mat. Sub-Base 3%	4	10-13	15
10	Colocación Mat. Base 2%	9	11-14	10

11	Riego de Impregnación	10	12-15	6
12	Riego de Impreg. y Liga 100%	11		533
13	Colocación Mat. Sub-base 100%	9		524
14	Colocación Mat. Base 100%	10		529
15	Colocación Carpeta 2%	11	16-17	10
16	Riego de Sello	15		544
17	Colocación Carpeta 100%	15		533
18	Excav. Estruct. y Canales 2%	2	19-20	10
19	Colocación Tubería 2%	18	21-22	10
20	Exc. Estruct. y Canales 100%	18		416
21	Colocación Tubería 100%	19		437
22	Const. Mampostería 5%	19	23-24	20
23	Colocación de Concretos 5%	22	25-26	26
24	Const. Mamps. y Zampeados 100%	22		417
25	Colocación Concretos 100%	23		523
26	Construcción Guarniciones	23		533

### 6.3) ANALISIS DE RECURSOS

Se entiende por recursos todos los elementos de que se dispone para la realización de un trabajo, éstos pueden ser: personal, equipo, dinero, materiales, etc. Tanto el tiempo como el costo requeridos para la ejecución de un trabajo están íntimamente ligados con los recursos de que se disponga. Así, al disminuir el tiempo de duración de una actividad que está realizándose en condiciones normales de trabajo, el costo directo aumenta, pues será necesario usar más equipo, trabajar tiempo extra, etc.

Cuando se ejecuta un trabajo determinado de construcción, se pueden utilizar distintos equipos para su realización.

Para poder seleccionar la maquinaria más adecuada es necesario hacer un análisis de las diferentes alternativas, del resultado de éste análisis dependerá el buen éxito de la obra.

#### Criterios para la Selección del Equipo.-

Los equipos modernos de construcción han sido proyectados para servir como herramientas especiales para los diferentes problemas que se encuentran en el mundo de la construcción. Sin embargo, las reglas para seleccionar los equipos ideales o más adecuados, pueden establecerse relacionando o combinando las reglas de tipo con la expe-

riencia, reglas que deberán seguirse según el trabajo especificado.

Lo 1o. que debe considerarse cuando se selecciona una máquina, ya sea nueva o usada, es el tipo de aplicación para el que fué proyectada según el trabajo que tenga que ejecutar. Habiendo analizado cuidadosamente las diversas aplicaciones o usos del equipo, el siguiente paso es conocer las condiciones de la obra en la que van a funcionar las máquinas, como son: tipo de materiales, características de las cargas, cantidad de volumen a mover, distancia de acarreo, topografía, tiempo fijado para efectuar el trabajo, espacio disponible para maniobras del equipo, facilidad para conseguir refacciones, combustibles, etc.

Finalmente, se puede, llegar a determinar la clase y tamaño de maquinaria que parezca ser la más adecuada para un proyecto dado, pero ésta información por sí misma no justifica necesariamente la compra del equipo. Es necesario analizar si el proyecto en consideración es lo suficientemente grande para justificar la compra, pues no podría recuperarse el costo antes de la terminación de la construcción del proyecto y podría no venderse el equipo a un precio razonable al terminar la obra.

Existen equipos standard y equipos especiales de construcción. La maquinaria standard es aquella que puede emplearse económicamente en más de una obra. Esta maquinaria es la de fabricación más común y las refacciones pueden obtenerse más rápida y económicamente que las de la maquinaria especial. Cuando ya no se necesita una unidad de equipo standard éste podrá venderse más fácilmente y a un precio más favorable que el equipo especial.

Los equipos especiales son aquellos que se fabrican para ser empleados en una sola obra o para un tipo de operación particular. Este equipo puede no ser adecuado o económico para emplearse en otra obra.

Son factores importantes para la selección de la maquinaria, la facilidad y rapidez con que puedan conseguirse las refacciones y el costo de la misma.

Por último el empleo de los diversos equipos se puede obtener a través de la propiedad o del alquiler. Si una máquina se va a utilizar mucho durante un largo período de tiempo usualmente será más barato y satisfactorio comprarla. Sin embargo, cuando la utilización

de la maquinaria sea limitada, será más barato alquilar el equipo que comprarlo.

#### Principios Aplicables a la Selección de Equipo.-

1.- Cada equipo de maquinaria debe considerarse como una herramienta diseñada para satisfacer un objetivo específico.

2.- El criterio correcto a seguir en la selección económica de la maquinaria está en guiarse por el costo unitario de producción y no por la inversión inicial ni por el costo horario de propiedad.

3.- Siempre que sea posible hay que emplear equipo estandarizado.

4.- No se emplee equipo demasiado grande o potente, que resulte sobrado para la obra a ejecutar.

Hay que tomar en consideración las actividades a que se dedica la empresa que proyecta la compra del equipo. Una empresa grande puede seleccionar el equipo que más se ajuste a las necesidades de una obra específica y estar cerca de lo estipulado en los 4 principios anteriores, especialmente los 2 últimos. En cambio, una empresa chica debe procurar tener equipo más versátil adaptado a las características generales de trabajo a que se dedica y no a cada obra específica.

#### Maquinaria Empleada.-

En la construcción de caminos se emplea una gran variedad de máquinas tales como: Bull-Dozer, palas mecánicas, escrepas, moto conformadoras, niveladoras, excavadoras, aplanadoras, camiones de volteo, pipas, rodillos pata de cabra, rodillos neumáticos, equipo de barreración, etc.

Al hacer la selección de la maquinaria debe escogerse las que ofrezcan mayor productividad y reducción de costos.

El tipo y cantidad del equipo está determinado por la cantidad de material a mover, valorizando el volumen total, teniendo en cuenta el abastecimiento del mismo a fin de definir la magnitud del equipo de acarreo.

El tipo de material a mover depende de la dureza y homogeneidad de los cortes.

En las distintas etapas de la construcción del camino Pirámides-Tulancingo, se utilizarán diversos equipos, los cuales se consideran adecuados para el desarrollo de las actividades en que se emplearán.

Para los acarrees, de acuerdo con las condiciones de lejanía necesaria, para conseguir el material adecuado para la construcción del camino, debemos escoger el equipo que deba utilizarse.

Cuando el material que se utilizará esté a una distancia menor de 200 m., el equipo deberá ser tractor de orugas con escrepa mecánica, pues a mayor distancia su costo de operación se incrementa, con lo que aumentaría el costo unitario de la construcción. De 200 m. a 800 m., conviene utilizar equipo de moto escrepas, pues al igual que el caso anterior, a mayor distancia se incrementa el costo. Cuando la distancia sea mayor de 800 m. se utilizarán camiones con caja de volteo por las mismas condiciones de costo.

Para la construcción de las terracerías, utilizando tractores con escrepa mecánica o moto escrepa, el material se coloca por capas no mayores de 30 cm. de espesor y se le aplican riegos de agua sucesivos utilizando camiones con tanques y barras de riego compactando el terraplén al grado indicado en el proyecto.

Para la Compactación:

Materiales	Equipo
Arcillas, limos, tepetates, conglomerados, rocas calizas alteradas.	Rodillo pata de cabra Rodillo de rejas Rodillo neumát. 50 tons. Rodillo liso metálico Rodillo con ruedas de acero segmentadas
Arenas, gravas, limos, materiales triturados, materiales granulados	Rodillo neumát. 50 tons. Rodillo vibratorio Compactador liso vibratorio Compactador vibratorio de zapatas

El equipo se hace pasar varias veces hasta alcanzar la compactación requerida, se afinarán los tramos con la cuchilla de la escrepa o con moto conformadora.

En los tramos que por condiciones de distancia de acarreo se requiera utilizar vehículos con caja de volteo, primeramente se harán escalones para ir tirando el material en montones con los camiones, procurando que la capa por extenderse no sea mayor de 30 cm. de espesor, luego con un tractor equipado con cuchilla se extenderán los monto-

nes acarreados por los camiones haciendo una plantilla sobre la cual entrará el equipo de compactación en forma idéntica a la anotada en el procedimiento de compactación anterior y desde luego, cuidando la humedad óptima con riegos de agua sucesivos utilizando camiones equipados con tanques metálicos y barras de riego.

Para los cortes que se requiera efectuar, es necesario ver el tipo de material con el que se va a trabajar, si se trata de material clase A y/o B, se puede utilizar un tractor con cuchilla para el acarreo del corte al lugar donde se lleve el material, si este acarreo es menor de 60 m.; cuando la distancia pase de los 60 m. y hasta 200 m. deberá utilizarse un tractor con escarpa mecánica. Para distancias mayores de 200 m. y hasta 800 m. deberá utilizarse camiones con caja de volteo.

Cuando los materiales sean clase B y C (roca suelta y roca fija) deberá hacerse una barrenación generalmente con pistolas neumáticas y tronar el material con explosivos para aflojarlo, en estas condiciones si el acarreo del material es hasta 60 m. deberá utilizarse tractor con cuchilla; si la distancia es mayor de 60 m. deberá utilizarse una excavadora mecánica con equipo de pala o un tractor con cargador frontal para el material explotado en vehículos de transporte.

Para la pavimentación, los acarreos de materiales pétreos para sub-base y base, se llevan a cabo con camiones de volteo. Los acarreos de agua para la compactación de la sub-base y base se hacen con camiones equipados con tanques en la misma forma que en la compactación de terraplenes explicada anteriormente.

Finalmente, los asfaltos necesarios para la carpeta se elaborarán con planta estacionaria en el lugar de la obra, en donde se carga el asfalto con bombas a camiones equipados con tanques de lámina, los que acarrean el asfalto hasta el tramo donde se va a utilizar el producto, en éste lugar la petrolizadora succiona del tanque del camión para aplicar el riego.

#### 6.4) PRESUPUESTO Y PROGRAMA.

Presupuesto.-

Factores que intervienen en el costo de la obra:

Una vez elaborados los procedimientos de construcción y analizados los recursos disponibles, procedemos al cálculo del costo de la

obra, para ello, es necesario considerar todos los factores que intervienen al respecto:

- a) Se obtienen cantidades de Obra.- Excavación en lechó, materiales A, B y C, es decir, el volúmen total de material acarreado y clasificado en las 3 diferentes formas de pago. Cantidades de material para las obras de drenaje, mamposterías, zampeado, tubos, fierro de refuerzo, etc.
- b) Se calcula el volúmen total de sobreacarreo, préstamo lateral y de banco (si lo hay), y el volúmen de despalme (la capa de material desechable no propio para la formación de las terracerías) y el volúmen de desmonte.

También se pagará el agua que se utiliza en la compactación de los materiales.

Todos estos factores se multiplicarán por sus respectivos precios unitarios, obteniéndose el costo en dinero de la construcción del camino.

Una vez recopiladas las cantidades de obra, se calculan los respectivos precios unitarios, obteniendo así el costo por unidad de obra terminada para la construcción del camino.

#### Análisis de Precios Unitarios.-

Los precios unitarios, se componen de Costos Directos y Costos Indirectos.

En los Costos Directos se incluyen: costo de materiales, mano de obra y equipo.

En los Costos Indirectos se incluyen todos los gastos generales que ejerce la empresa para poder ejecutar la obra, como son: gastos de Administración, tanto central como en obra, Financiamiento, Impuestos, Fianzas, Seguros e Imprevistos.

A la suma del Costo Directo más el Costo Indirecto se le denomina Costo Unitario.

Si al Costo Unitario le sumamos la Utilidad, obtenemos el Precio Unitario.

Tanto a la Utilidad como a los Costos Indirectos se acostumbra expresarlos como un porcentaje del Costo Directo Total.

Multiplicando los Precios Unitarios por sus respectivas cantidades de obra, obtenemos el Costo Total de la Construcción del Camino.

A continuación se señalarán los Datos Básicos para calcular los Precios Unitarios para obtener el Costo de la Construcción del Camino Pirámides-Tulancingo, que son:

- Costos Indirectos
- Sueldos de Personal
- Costos Horarios del Equipo de Construcción utilizado
- Costo de los distintos Materiales empleados en Obra.

Después se ilustrará con un ejemplo, la forma de calcular el Costo Horario de un Equipo de Construcción y otro ejemplo para el análisis de precios Unitarios.

#### DATOS BASICOS

Concepto	%
Administración General	10.0%
Campamento y Oficinas	2.0%
Previsión Social	1.0%
Transporte, equipo y personal	3.0%
Comunicaciones	1.0%
Imprevistos (aumento sueldo mínimo)	2.0%
Intereses	3.0%
	<hr/>
Suma	22.0%
Utilidad	10.0%
	<hr/>
TOTAL	32.0%

Obra Material de Beneficio Regional (O.M.B.R.): 0.5% sobre 1.32

SEPANAL: 0.5% sobre 1.32

OMBR + SEPANAL = 1% sobre 1.32

DATOS BASICOS

Categoría	Sueldo X 8 hrs.	7o. Día Fest. 22.9%	Educ. 1%	Jornal X 8 hrs.
Peón	18.25	4.18	0.22	22.65
Ayte. Fierro	23.00	5.27	0.28	28.55
Ayte. Perforista	25.00	5.75	0.31	31.03
Ayte. Carpintero	27.00	6.18	0.35	33.53
Cabo peones	30.00	6.87	0.37	37.24
Cargador Explosivos	34.00	7.79	0.42	42.21
Perforista	34.00	7.79	0.42	42.21
Fierro	34.00	7.79	0.42	42.21
Albañil	34.00	7.79	0.42	42.21
Carpintero	40.00	9.16	0.49	49.65
Cabo terracerías	40.00	9.16	0.49	49.65
Cabo barrenación	44.00	10.08	0.54	54.62
Cabo Albañiles	44.00	10.08	0.54	54.62
Poblador	40.00	9.16	0.49	49.65

## DATOS BASICOS

Equipo	Costo Horario
Cargador sobre ruedas 5 Yd <sup>3</sup> .	180.00
Pala mecánica de 1 1/2 Yd <sup>3</sup> .	280.00
Tractor Cat D-8 c/cuchilla o similar	220.00
Tractor Cat D-8 con arado o similar	225.00
Moto escreoa Cat 619 ó similar	200.00
Moto conformadora Huber 11-D ó similar	125.00
Cargador sobre ruedas 2 Yd <sup>3</sup> .	120.00
Camión volteo F-600 (activo)	50.00
Camión volteo F-600 (ocioso)	25.00
Camión volteo agua 6 m <sup>3</sup> . capacidad	65.00
Compresor portátil 600 pcm.	138.00
Perforadora sobre oruga	101.00
Perforadora de piso	22.00
Tractor agrícola 7-D-40-20	48.00
Plancha 12 toneladas	50.00
Rodillo vibratorio liso Ch-44	44.40
Rodillo compactador Cl-23	12.00
Rodillo de pata de cabra vibratorio Cf-44	48.00
Compactador neumático 15 tons.	18.00
Planta de trituración prim. sec. trec.	750.00
Planta de trituración prim. y secund.	300.00
Planta de trituración clasificadora	150.00
Planta estacionaria de asfalto	1 200.00
Tanque agua 30 m <sup>3</sup> .	20.00
Planta de luz 10 KW.	30.00
Bomba para agua motor gasolina 2"	15.05
Bomba para agua motor gasolina 3"	16.32
Bomba para agua motor gasolina 4"	29.44
Revolvedora prtátil 16-5	49.00
Martillos rompedores	15.00
Guarnicionera Miller MC-500	27.80
Petrolizadora	110.00
Barredora tirada por tractor agrícola	50.00

DATOS BASICOS

Materiales	Costo en Obra	Unidad
Diesel	0.36	Litro
Supermexolina	0.85	Litro
Aceite para motor diesel	4.20	Litro
Aceite para motor gasolina	5.00	Litro
Madera	2.20	P. T.
Cemento	300.00	Tonelada
Fierro de refuerzo	2 100.00	Tonelada
Dinamita	7.43	Kilogramo
Estopín	5.02	Pieza
Clavo	4.50	Kilogramo
Supermexamón	2.42	Kilogramo
Asfalto No. 6	0.24	Kilogramo
Asfalto FM-1	0.28	Litro
Asfalto FM-3	0.27	Litro

Ejemplo de la forma de calcular el costo horario de un tractor  
Cat. D-8, con cuchilla.

Datos.-

Precio de adquisición \$ 625 980.00

N = Vida económica = 5 años = 2 000 h./año

Prom. Inv. Anual =  $\frac{1+N}{2N} = \frac{6}{10} = 60\%$

Motor diesel de 235 HP. Factor Op. = 0.70

Pot. op. = 164.5 HP. op.

1.- Cargos fijados por año:

a) Depreciación	= 20%
b) Int., Seg., Imp., y almacen = 10% x 60%	= 6%
c) Mantenimiento y reparaciones	= 20%
Suma	= 46%

por hora:  $\frac{46\% \times 625\ 980.00}{2\ 000\ \text{horas/año}} =$  \$ 144.00/h.

2.- Consumos por hora:

a) Diesel: 0.1514 lt. x 164.5 HP. x \$ 0.36 lt.	\$ 9.22/h.
b) Gas. arranque motor: 1.51 lt. x \$ 0.85 lt.	\$ 1.28/h.
c) Aceite lubricación motor: para 100 HP. o Mayores: 0.00358 lt. x 164.5 HP. op. x \$ 4.20	\$ 2.46/h.
d) Aceite cambio: Cap. Carter = 36 lt. ÷ 100 hrs. x \$ 4.20	\$ 1.52/h.
Suma	\$ 14.48/h.

3.- Salarios:

Por turno de 8 hrs. sin incluir 7o. día

1 operador \$ 44.00

=  $\frac{\$ 44.00/\text{día} \times 365\ \text{días}}{2\ 000\ \text{horas/año}} =$  \$ 8.10/h.

Resumen:

1.- Cargos Fijos	\$ 144.00/h.
2.- Consumos por Hora	\$ 14.48/h.
3.- Salarios	\$ 8.10/h.
Suma de los Cargos Directos:	\$ 166.58/h.
Más 32% por Cargos Indirectos:	\$ 50.50/h.
TOTAL	\$ 217.08/h.

Ejemplo para el análisis de Precios Unitarios:

Cálculo del precio unitario de la Escarificación del Pavimento Actual y su recompactación al 90%, por unidad de obra terminada.

1.- Equipo:

Costo horario tractor con arado	\$ 225.00
Costo horario moto conformadora	\$ 125.00
Costo horario tractor agrícola	\$ 48.00
Costo horario rodillo vibratorio	\$ 48.00
Costo horario Compactador neumático	\$ 18.00
Costo horario Plancha	\$ 50.00

Operaciones:

- a) Escarificación (1)
- b) Disgregado (2)
- c) Acamellonado y mezclado (3)
- d) Extendido (4)
- e) Compactado 90% (5)
- f) Afine y recorte (6)

1) Escarificación:

Costo horario tractor con arado:	\$ 225.00	
Rendimiento tractor:	200 m <sup>3</sup> ./h.	
Costo Escarificación:	$\frac{\$ 225.00}{200} =$	\$ 1.13/m <sup>3</sup> .

2) Disgregado:

Costo horario tractor agrícola	\$ 48.00	
Costo horario rodillo vibratorio	\$ 48.00	
	<u>\$ 96.00</u>	
Rendimiento:	100 m <sup>3</sup> /h.	
Costo Disgregado:	$\frac{\$ 96.00}{100} =$	\$ 0.96/m <sup>3</sup> .

3) Acamellonado y mezclado:

Costo horario moto conformadora	\$ 125.00	
Rendimiento:	100 m <sup>3</sup> ./h.	
Costo Acamellonado y Mezclado:	$\frac{\$ 125.00}{100} =$	\$ 1.25/m <sup>3</sup> .

4) Extendido:

Se hace con moto conformadora	\$ 125.00
-------------------------------	-----------

Rendimiento:	125 m <sup>3</sup> ./h.	
Costo Extendido:	$\frac{\$ 125.00}{125} =$	\$ 1.00/m <sup>3</sup> .
5) Compactación 90%:		
Costo horario tractor agrícola	\$ 48.00	
Costo horario tractor vibratorio	$\frac{\$ 48.00}{\$ 96.00/h.}$	
Rendimiento:	100 m <sup>3</sup> ./h.	
Costo 1a. operación compactación:	$\frac{\$ 96.00}{100} =$	\$ 0.96/m <sup>3</sup> .
Costo horario tractor agrícola	\$ 48.00	
Costo horario compactador neumático	$\frac{\$ 18.00}{\$ 66.00/h.}$	
Rendimiento:	50 m <sup>3</sup> ./h.	
Costo 2a. operación compactación:	$\frac{\$ 66.00}{50} =$	\$ 1.32/m <sup>3</sup> .
Costo horario plancha:	\$ 50.00	
Rendimiento:	50 m <sup>3</sup> ./h.	
Costo 3a. operación compactación:	$\frac{\$ 50.00}{50} =$	\$ 1.00/m <sup>3</sup> .
6) Afine y Recorte:		
Costo horario moto conformadora	\$ 125.00	
Rendimiento:	100 m <sup>3</sup> ./h.	
Costo Afine y Recorte:	$\frac{\$ 125.00}{100} =$	\$ 1.25/m <sup>3</sup> .
Costo Directo		\$ 8.87/m <sup>3</sup> .
Costo Indirectos 32%		2.84
Suma		\$ 11.71
O.M.B.R. Y SEPANAL 1%		0.12
PRECIO UNITARIO		\$ 11.83/m <sup>3</sup> .

Ejemplo del análisis del precio unitario correspondiente al desmonte, por unidad de obra terminada.

1.- Equipo:

Costo horario tractor con cuchilla: \$ 220.00

Rendimiento: 10ha./turno

Costo Equipo:  $\frac{\$ 220.00 \times 8}{10} = \$ 175.00/\text{ha.}$

2.- Materiales:

Se necesita usar combustible Diesel para la quema.

Consumo: 75 lt./ha.

Costo:  $75 \times 0.33 = \$ 24.75/\text{ha.}$

3.- Mano de Obra:

Se considera la siguiente cuadrilla:

Cabo cuadrilla: 1 x \$ 37.25 = \$ 37.24

Peones: 8 x \$ 22.65 = \$ 181.20

\$ 218.44/turno

Como el producto del desmonte es muy poco, ya que se trata de Vegetación de una zona completamente seca, se considera rendimiento de 6 ha./turno.

Costo mano de Obra:  $\frac{\$ 218.44}{6} = \$ 36.41/\text{ha.}$

Costo Directo \$ 237.16/ha.

Indirectos y Utilidad 32% 75.89

Suma \$ 313.05

O.M.B.R. Y SEPANAL 1% 3.13

PRECIO UNITARIO \$ 316.18/ha.

## PROGRAMA.

Para la planeación correcta de la obra se deberán hacer los siguientes programas:

- 1.- De Obra, desglosado por actividades.
- 2.- Del equipo requerido
- 3.- Del personal necesario

El programa de obra que a continuación se mostrará, es necesario para lograr un buen control del avance de la obra y para analizar atrasos o adelantos en las actividades.

En los programas de equipo y personal, para lograr abatir los costos por unidad de obra terminada y a la vez conseguir mayor cantidad de obra al menor tiempo posible, es conveniente y se acostumbra dar bonificaciones al personal en función del volumen de trabajo efectuado. A continuación se mostrará la forma de calcular el costo de Bonificación por unidad de obra efectuada.

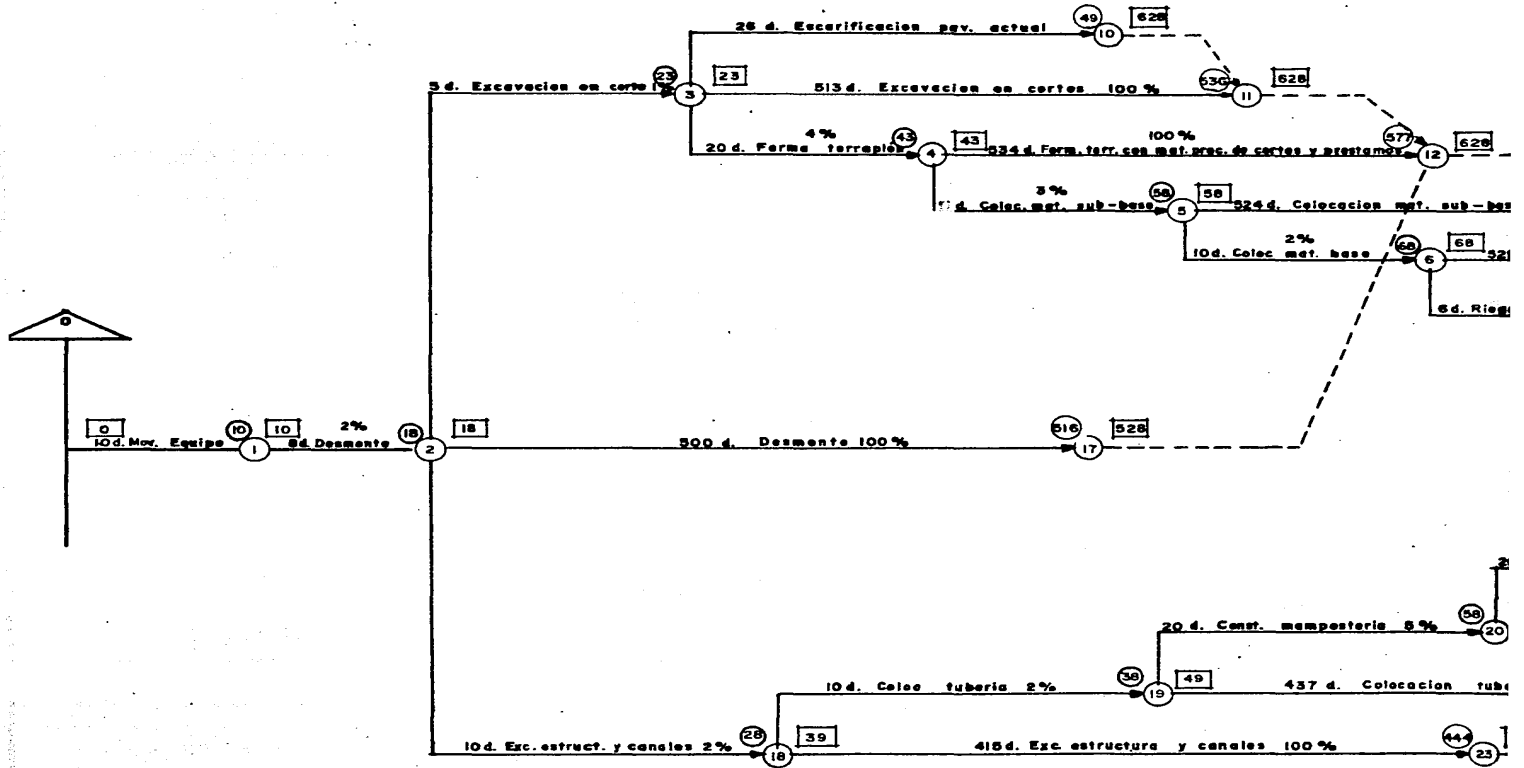
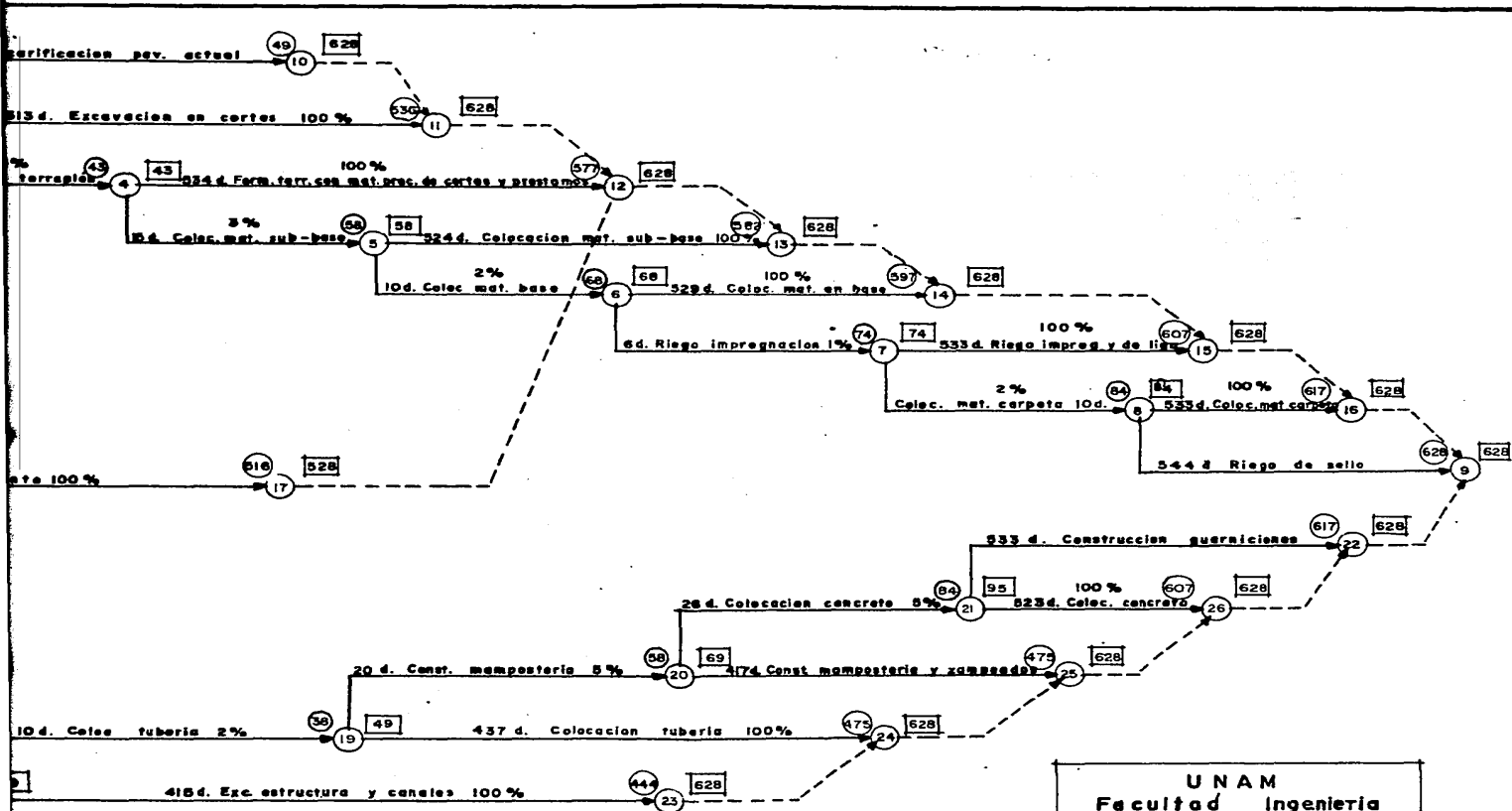


DIAGRAMA DE FLECHAS



UNAM	
Facultad Ingeniería	
Planeación General	
José Luis Guerrero Lutteroth	
1970	

DIAGRAMA DE FLECHAS

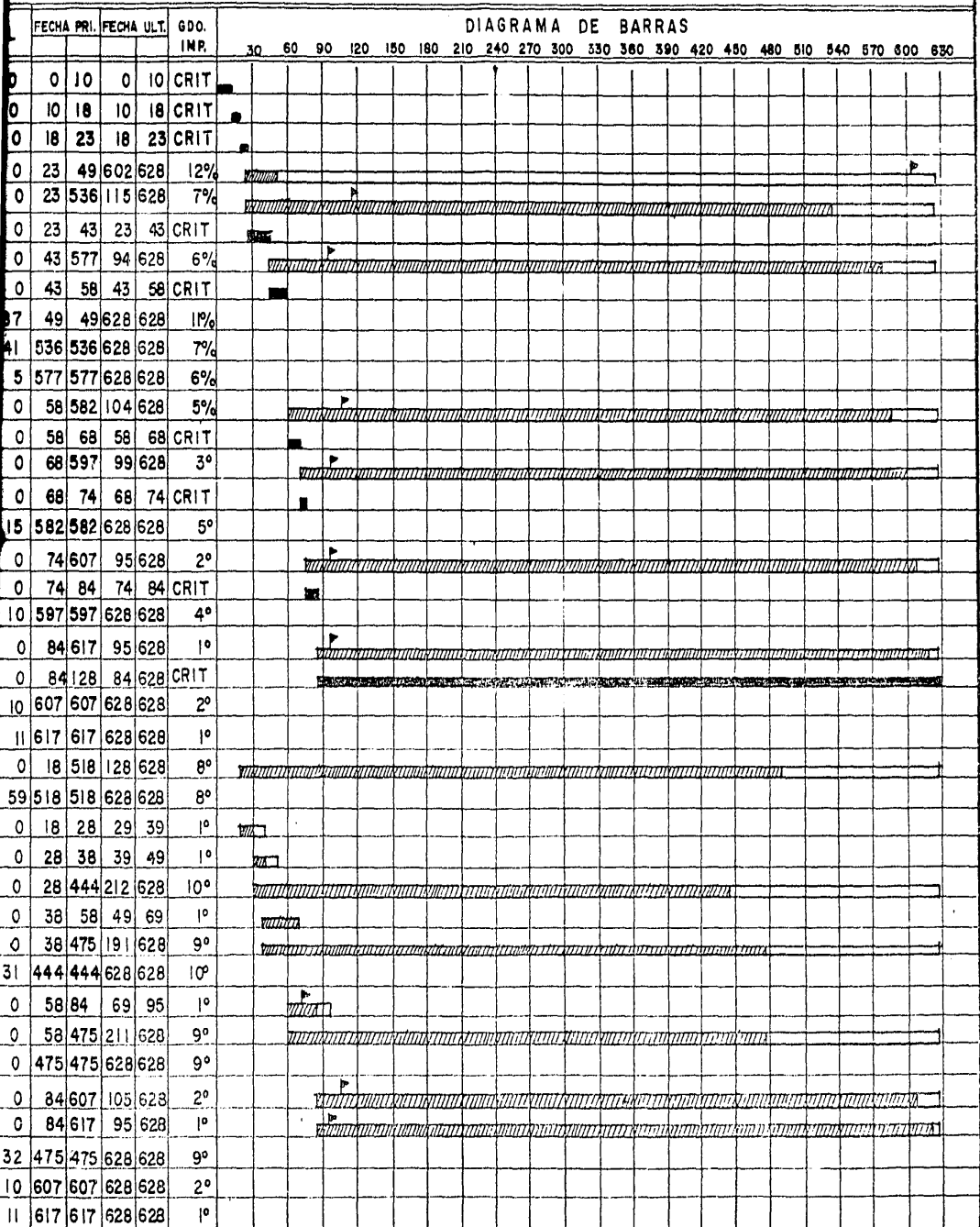
# TABLA DE TIEMPOS

ACTIV.	DESCRIPCION	CANT. OBRAS	DURAC DIAS	HT	HL	FECHA PRI.			FECHA ULT.			GDO. IMP.	DIAGR							
													30	60	90	120	150	180	210	240
0-1	Movim. de Equipo		10	0	0	0	10	0	10	CRIT										
1-2	Desmante	2%	8	0	0	10	18	10	18	CRIT										
2-3	Excav. en cortes	1%	5	0	0	18	23	18	23	CRIT										
3-10	Escarif. Pavimento Actual		26	589	0	23	49	602	628	12%										
3-11	Excavación en cortes	100%	513	92	0	23	536	115	628	7%										
3-4	Formación Terraplen	4%	20	0	0	23	43	23	43	CRIT										
4-12	Formación Terraplen	100%	534	51	0	43	577	94	628	6%										
4-5	Coloc. Material Sub-base	3%	15	0	0	43	58	43	58	CRIT										
10-11	Flecha de liga		0	579	487	49	49	628	628	1%										
11-12	Flecha de liga		0	92	41	536	536	628	628	7%										
12-13	Flecha de liga		0	51	5	577	577	628	628	6%										
5-13	Coloc. Material Sub-base	100%	524	46	0	58	582	104	628	5%										
5-6	Coloc. Material base	2%	10	0	0	58	68	58	68	CRIT										
6-14	Coloc. Material base	100%	529	30	0	68	597	99	628	3%										
6-7	Riego Impregnacio	1%	6	0	0	68	74	68	74	CRIT										
13-14	Flecha de liga		0	46	15	582	582	628	628	5%										
7-15	Riego Impreg. y liga	100%	533	21	0	74	607	95	628	2%										
7-8	Coloc. Material carpeta	2%	10	0	0	74	84	74	84	CRIT										
14-15	Flecha de liga		0	31	10	597	597	628	628	4%										
8-16	Coloc. Material carpeta	100%	533	11	0	84	617	95	628	1%										
8-9	Riego de sello		544	0	0	84	128	84	628	CRIT										
15-16	Flecha de liga		0	21	10	607	607	628	628	2%										
16-9	Flecha de liga		0	11	11	617	617	628	628	1%										
2-17	Desmante	100%	500	110	0	18	518	128	628	8%										
17-12	Flecha de liga		0	110	59	518	518	628	628	8%										
2-18	Excav. Estr. y canales	2%	10	11	0	18	28	29	39	1%										
18-19	Colocación tubería	2%	10	11	0	28	38	38	49	1%										
18-23	Excav. Est. y canales	100%	416	184	0	28	444	212	628	10%										
19-20	Construc. mamposterías	5%	20	11	0	38	58	49	69	1%										
19-24	Colocación tubería	100%	437	153	0	38	475	191	628	9%										
23-24	Flecha de liga		0	184	31	444	444	628	628	10%										
20-21	Colocación concretos	5%	26	11	0	58	84	69	95	1%										
20-25	Constr. mamp. y zarpeado	100%	417	153	0	58	475	211	628	9%										
24-25	Flecha de liga		0	153	0	475	475	628	628	9%										
21-26	Colocación concretos	100%	523	21	0	84	607	105	628	2%										
21-22	Construcción guardaciones		533	11	0	84	617	95	628	1%										
25-26	Flecha de liga		0	153	32	475	475	628	628	9%										
26-22	Flecha de liga		0	21	10	607	607	628	628	2%										
22-9	Flecha de liga		0	11	11	617	617	628	628	1%										

Actividad Crítica

Actividad no crítica con holgura

# TABLA DE TIEMPOS



 Actividad no crítica con holgura
  Fecha última de iniciación

# PROGRAMA DE OBRA PARA LA CONSTRUCCION DE LA CARRETI

( KM. 29 + 465 - KM. 84 + 059 )

C O N C E P T O		VOL.	U.	P. U.	IMPORTE	1969 abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.
I	MOVIM. EQUIPO E INSTALACIONES					■							
II	DRENAJE												
1	Excavacion para estr. y canales	21210	m <sup>3</sup>	13.50	290 000		15	23	26	26	25	25	25
2	Mamposteria de 3a.	7290	m <sup>3</sup>	138.92	960 000		23	23	26	26	25	25	25
3	Zampeado de cunetas y alcat.	2850	m <sup>3</sup>	93.42	270 000			10	10	15	15	20	20
4	Zampeado en acotam vados	2300	m <sup>3</sup>	83.63	190 000								
5	Fierro de refuerzo	144130	Kg	3.55	510 000		10	30	45	45	45	45	45
6	Concreto en obras	1955	m <sup>3</sup>	322.25	530 000		12	40	40	40	40	40	40
7	Concreto en guarniciones	370	m <sup>3</sup>	332.44	125 000								5
8	Tuberia de conc y laminas	1234	ml.	453.81	560 000		35	75	75	75	75	75	75
III	TERRACERIAS												
1	Desmonte	364	Ha.	316.18	115 000			5	10	10	10	10	10
2	Escarif. Pav. Actual	6380	m <sup>2</sup>	11.83	75 000								75
3	Escav. en cortes	282520	m <sup>3</sup>	4.34	1225 000			35	85	85	85	85	85
4	Terraplenes	1009637	m <sup>3</sup>	8.55	8625 000			225	600	600	600	600	600
IV	PAVIMENTACION												
1	Prod. Mat. SB. y B 2 y 3	60120	m <sup>3</sup>	16.88	1015 000			400	400	215			
2	Prod. Mat. Sello banco 1	1570	m <sup>2</sup>	45.00	70 000				70				
3	Prod. Mat. Carpeta Banco 6	15490	m <sup>3</sup>	47.00	740 000			185	370	185			
4	Prod. Mat. Sello Banco	2400	m <sup>2</sup>	115.00	275 000					138	140		
5	Prod. Mat. SB. y B Banco 4 y 5	73870	m <sup>3</sup>	16.88	1250 000					500	500	500	
6	Coloc. Mat. SB. y B	225680	m <sup>3</sup>	19.67	4440 000							390	390
7	Riego de impregnacion	913320	lt	0.59	540 000							50	50
8	Riego de lla	189250	lt	0.54	100 000								
9	Carpeta asphaltico	23670	m <sup>2</sup>	133.50	3160 000								
10	Riego de sello	6100	m <sup>2</sup>	92.62	565 000								
11	Prod. Mat. carpeta banco 8	6170	m <sup>3</sup>	47.66	290 000							145	145
12	Prod. Mat. Sello Banco 8	1560	m <sup>2</sup>	115.00	180 000								150
13	Prod. Mat. SB y B Banco 7 y 9	91690	m <sup>3</sup>	16.88	1540 000								
14	Prod. Mat. Carpeta Banco 10	2010	m <sup>3</sup>	47.66	95 000								
15	Prod. Mat. Sello Banco 10	570	m <sup>2</sup>	115.00	65 000								
16	Guarniciones concr. asphaltico	115	m <sup>2</sup>	164.21	20 000								
17	Pavimento concr. hidraulico	2310	m <sup>2</sup>	276.32	620 000								
<b>EROGACIONES MENSUALES</b>						95	95	1115	1815	1525	1630	2100	2135
<b>Erogaciones mensuales acumuladas</b>						95	95	1210	3025	4550	6180	8280	10415

# LA CONSTRUCCION DE LA CARRETERA PIRAMIDES - TULANCINGO

(KM. 29 + 465 - KM. 84 + 059)

Dr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.	1970 ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.
	15	23	26	26	26	25	25	25	25	26	25	26					
	23	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85					
		10	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
											50	70	70				
	10	30	45	45	45	45	45	46	46	46	45	45	45	20			
	12	40	40	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70	30			
							5	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	35	75	75	75	75	75	75	75	75								
		5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5			
							75										
	35	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	225	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	400	400	216														
		70															
	185	370	185														
				138	140												
					300	600	300										
						390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
						50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
									10	15	15	10	10	10	10	10	10
									350	350	350	350	350	350	350	350	350
						145	145										
								150									
									500	540	600						
										95							
											65						
												5	5	5	5		
																220	450
5	95	1115	1815	1525	1630	2100	2135	2300	2510	2325	1875	1895	1715	1595	1585	1805	620
5	95	1210	3025	4550	6180	8280	10415	12715	15225	17550	19425	21320	23035	24630	26215	28028	28535

NOTA: Los costos estan marcados en miles de pesos

Programa del Personal necesario, Maquinaria y Costo de Bonificación, para la construcción de las Terracerías del Camino San Martín Pirámides-Tulancingo.

1.- Personal necesario.-

Categoría	No.	Fecha	Sueldo Diario	Bonificación	Importe Semanal	Importe Total
Jefe Terracer.	1	3 de mayo	200.00		1 400.00	1 400.00
Sobrestante	2	6 de mayo	80.00	80.00	1 120.00	2 240.00
Topógrafo	1	6 de mayo	80.00	40.00	800.00	800.00
Cabo lineal	2	19 de mayo	30.00	30.00	390.00	780.00
Oper. Tractor	4	4 de mayo	40.00	90.00	820.00	3 280.00
Oper. Escrepa	4	19 de mayo	50.00	90.00	890.00	3 560.00
Op. Motoconf.	3	19 de mayo	50.00	60.00	710.00	2 130.00
Op. Tract. agr.	2	19 de mayo	30.00	20.00	330.00	660.00
Cadeneros	3	6 de mayo	25.00	20.00	275.00	825.00
Bombero	2	19 de mayo	25.00	10.00	235.00	470.00
Chofer	11	19 de mayo	25.00	20.00	250.00	2 750.00
Peón	2	19 de mayo	22.00		154.00	308.00
Mecánico	2	19 de mayo	35.00	60.00	600.00	1 200.00
Ayte. Mecánico	2	19 de mayo	25.00	20.00	300.00	600.00
Soldador	1	19 de mayo	30.00	30.00	400.00	400.00
SUMA:					\$	21 403.00

**Maquinaria.-**

Tipo	No.	Fecha	Costo Horario	Horas x Día	Importe x Día	Importe Semanal	Importe Total Semanal
Tractor D-8	2	2 mayo	180.00	12	2 160.00	12 960.00	25 920.00
Motoescrepa	2	2 mayo	150.00	12	1 800.00	10 800.00	21 600.00
Motoconformadora	2		30.00	12	960.00	5 760.00	11 520.00
Bomba de 4"	2				75.00	450.00	900.00
Rodillo P.C.	1				300.00	1 800.00	1 800.00
Compact. P-64	1				30.00	180.00	180.00
Camión Engrase	1				300.00	1 800.00	1 800.00
Camioneta F-350	1				125.00	750.00	750.00
Camión Pipa	4				200.00	1 200.00	4 800.00
Carro VW	1	6 mayo			100.00	600.00	600.00
Trailer Oficina	1	19 mayo			50.00	300.00	300.00
Tractor Agr.	1	19 mayo			150.00	900.00	900.00
Arado Hidráulico	2	19 mayo			100.00	600.00	1 200.00
Planta Soldar	1	19 mayo			60.00	360.00	360.00
						<b>SUMA</b>	<b>\$ 72 630.00</b>

### 3.- Tabla de Bonificación.-

Volúmen Promedio Semanal

Equipo Productivo: 1 Tractor Empujador

2 Moto-escrepas

1 Tractor D-8

Rendimiento de la Moto-escrepa en préstamo lateral:

Aprox. 13 viajes/hora

Capacidad de una moto-escrepa TS-14:

7 m<sup>3</sup>. compactos

Rendimientos = 13 x 7 = 91 m<sup>3</sup>./hora

Volúmen Promedio Diario = 2 x 91 x 12 = 2 184 m<sup>3</sup>./día

Rendimiento de un tractor en excavación de cortes, utilizando arado:

50 m<sup>3</sup>./hora

Volúmen Promedio Diario = 50 x 12 = 600 m<sup>3</sup>./día

Volúmen Total Diario = 2 184 + 600 = 2 784 m<sup>3</sup>./día

Volúmen Semanal = 2 784 x 6 = 17 704 m<sup>3</sup>.

Cantidad de Obra Total de Terracerías:

Excavación en Cortes : 282 520 m<sup>3</sup>.

Formación Terraplén : 1 009 637 m<sup>3</sup>.

Escarif. Pavim. Act. : 6 380 m<sup>3</sup>.

Volúmen Total 1 298 537 m<sup>3</sup>.

Tiempo requerido para terminar las terracerías:

$$\frac{1\ 298\ 537}{2\ 784} = 453 \text{ días}$$

Categoría	Bonificación	Volúmen	Bonificación x m <sup>3</sup> .
Sobrestante	\$ 0.05/m <sup>3</sup> .	turno	\$ 0.05
Topógrafo	\$ 0.013/m <sup>3</sup> .	total	\$ 0.013
Cabo de línea	\$ 0.02/m <sup>3</sup> .	turno	\$ 0.02
Op. Moto-escrepa	\$ 0.75/viaje	Maq.	\$ 0.11
Op. Tract. Emp.	\$ 0.375/ "	"	\$ 0.055
Op. Moto-conformadora	\$10.00/hora	"	\$ 0.06
Oper. Tractor	\$ 0.20/m <sup>3</sup> .	"	\$ 0.20
Mecánico Diesel	\$ 0.70/h.-maq.	M-Mayor	\$ 0.03
Ayte. Mecánico	\$ 0.25/h.-maq.	M-Mayor	\$ 0.01
Soldador	\$ 0.30/h.-maq.	M-Mayor	\$ 0.008
Op. Tract. Agr.	\$ 0.005/m <sup>3</sup> .	Maq.	\$ 0.01

COSTO BONIFICACION X M<sup>3</sup>. = \$ 0.566

4.- Costo Aproximado por m<sup>3</sup>. movido de Terracerías.-

a) Maquinaria:

Volúmen Semanal: 17 704 m<sup>3</sup>.

Costo de maquinaria por semana: \$ 72 630.00

Costo por Maquinaria =  $\frac{72\ 630}{17\ 704} = \$ 4.10/m^3$ .

b) Obra de Mano:

Costo Semanal: \$ 21 403.00

Costo por Obra de Mano =  $\frac{21\ 403}{17\ 704} = \$ 1.13/m^3$ .

Costo Directo Total 5.23/m<sup>3</sup>.

Gastos Generales Costo Indirecto 22% 1.15/m<sup>3</sup>.

Costo Total \$ 6.38/m<sup>3</sup>.

Costo Aproximado Total por m<sup>3</sup>. movido de Terracerías: \$ 6.38 m<sup>3</sup>.

En la misma forma se programa personal y equipo necesarios para efectuar los trabajos de Pavimentación y Obras de Arte para la Construcción de la Carretera San Martín Pirámides-Tulancingo.

## BIBLIOGRAFIA

- Martin y Wallace Pavimentos Asfálticos
- Martino R. L. Asignación y Control de Proyectos
- Sec. de Obras Públicas Especificaciones Generales de Construcción.
- Manual de Caminos Vecinales
- Pourifoy R. L. Método de Planeamiento y Equipo de Construcción
- Ing. Luis Aguirre M. Apuntes Inéditos de Pavimentos
- Revista Ingeniería
- Hidráulica en México
- agosto 1963 SRM. Método de la Ruta Crítica