



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

28  
163

"ANALISIS DE COSTOS PARA CONSTRUCCION  
DE CARRETERAS"

TRABAJO ESCRITO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
ANTONIO RIVERA BARBA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## ANALISIS DE COSTOS PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS

I.- INTRODUCCION.

II.- PLANEACION DE LA OBRA.

III.- DATOS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE TER-  
RACERIAS Y PAVIMENTOS.

IV.- CONTROL DE CALIDAD.

V.- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

VI.- EJEMPLO DE APLICACION PARA UNA OBRA.

VII.- CONCLUSIONES.

## I.- INTRODUCCION

Desde tiempos remotos probablemente las más antiguas vías de comunicación sean las de tipo terrestre, de las cuales se han encontrado huellas de caminos antiguos que son anteriores a la historia, es decir estos datan desde la prehistoria y los primeros caminos encontrados con una superficie dura aparecieron poco después de el descubrimiento de la rueda, hacia el año 3,500 A.C en la Mesopotamia. En la Isla de Creta se encontró un camino recubierto con piedras construido antes del año 1,500 A.C.

Además a los que nuestra historia se refiere existen indicios de extensas redes en los pueblos Maya y Aztecas en los que estos últimos realizaban sus comunicaciones por senderos sobre los que caminaban los esclavos, cargadores, etc.; integrando en aquel entonces una red caminera para lograr su comunicación.

El pueblo romano al consolidar su imperio, logró tener una extensa red de caminos que radiaban en muchas direcciones desde Roma y su proceso de construcción era. Primero se excavaba una zanja a una profundidad tal que la superficie de camino terminado quedaba al nivel del terreno. Los pavimentos eran colocados en tres etapas: la 1a. una capa de pequeñas piedras quebradas (grava); 2a. una capa de pequeñas piedras mezcladas con mortero y coladas firmemente en el lugar y 3a. una capa de block de piedras colocados y unidos con mortero. Con la caída del Imperio Romano la construcción de caminos fué nula, hasta que en Francia bajo el mando de Napoleón, llegó a desarrollar métodos de cons -

trucción que hicieron posible que se llegara a construir un extenso sistema de caminos en toda Francia. Poco tiempo después Inglaterra empezó a interesarse y a construir sus caminos, para los cuales en un principio y para impulsar este sistema de comunicación se empezaron a dictar una serie de leyes como la de imponer como obligatorio en todo el territorio la reparación de caminos y puentes, otras leyes decían que los dueños de propiedades vecinas al camino, tenían la obligación de arreglar los linderos para el desagüe de los caminos, recortar las plantas de los bordes del camino y mantener árboles, arbustos etc..., a la distancia especificada desde el eje del camino, en estos y otros estatutos puede verse el origen de los conceptos actuales tales como la responsabilidad del gobierno en carreteras y los derechos del público para su uso sin interferencia.

En México, durante la época colonial no dejaron de construirse algunas carreteras denominadas "Caminos Reales", por los que circulaban con carga y pasajeros y además aunque no fueron atendidos en los que se refiere a su conservación persistieron hasta la independencia, así que por esto las carreteras del período de la colonia fueron muy pocas como lo son la: México - Sta. Fé, por Durango y tenía como objetivo comunicar el centro del país, La México - Veracruz por Puebla y la México - Acapulco, por Chilpancingo que unían respectivamente a la capital de la república con las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico y la México - Guatemala, por Oaxaca que establecía comunicación con la actual Centroamérica. Además de éstas carreteras existían ramificaciones secundarias -

hacia San Luis Potosí, Monterrey, Valladolid ( Morelia ) y Guadalaajara.

El gobierno que administró México en el período de la vida independiente anterior a 1910, no se preocupó por la construcción y la conservación de los caminos debido en primera por las interminables luchas internas y en segunda por la poderosa razón de que en este tiempo apareció el ferrocarril y se dió gran impulso a la construcción de vías ferroviarias, así que por tal motivo, las carreteras construidas con fecha anterior permanecieron descuidadas y olvidadas por completo y en ese estado permanecieron hasta después de la revolución. Y sobre todo con la era del automóvil, el gobierno mexicano con el fin de intensificar las relaciones políticas, económicas y sociales de las distintas entidades crea en 1925 La Comisión Nacional de Caminos para lograr los fines deseados empieza a preocuparse por las carreteras de mayor importancia, ya que para entonces debido a la rapidéz y velocidad de comunicación del automóvil se pensaba en las carreteras como más ventajosas y eficaces en un territorio tan extenso como el nuestro.

Así que el uso del automóvil trajo consigo la necesidad de mejorar las carreteras y ponerlas en condiciones para aprovechar las ventajas del automóvil, iniciandose entonces la construcción de las carreteras modernas.

Los adelantos técnicos han sido grandes durante la era de las carreteras modernas. Los conocimientos se han extendido a los campos de los suelos y a los materiales para carreteras, de modo que los proyectos en la actualidad son más económicos -

y seguros. Los progresos en la maquinaria han revolucionado los métodos de construcción y se han desarrollado ciencias relativamente nuevas en los campos de la planeación, trazado geométrico y regulación del tránsito para carreteras, es decir que en todas las ramas de la Ingeniería de Caminos se han colocado buenas bases para asegurar un tremendo adelanto en la construcción de carreteras en los próximos años.

## II.- PLANEACION

La desición de construcción de una carretera obedece a la necesidad que se tenga de ella, para ayuda en cualquier toma de desición se deberá planear previamente, es decir se hace un desarrollo estadístico y se computa el tránsito con el fin de poder estimar exactamente el tránsito actual y futuro para poder resolverse el problema. Además se deberá en el caso de proyectar una carretera hacer un estudio económico y de financiamiento para poder analizar si inversiones hechas en carreteras fueron bien aplicadas y sus costos esten bien distribuidos.

Se deberá hacer un reconocimiento y localización haciendo uso de técnicas como la Fotogrametría para mejorar y hacer más económico el trabajo de la localización del camino. Haciendo los calculos requeridos y explorando las condiciones superficiales y los depósitos de materiales.

El diseño de la carretera es de acuerdo a las características de los vehículos, tránsito, suelos, pavimento, drenaje y estructuras.

**TRANSITO.-** Se puede calcular electrónicamente la velocidad, tráfico y dirección de los vehículos.

**SUELO.-** Investigación con nuevos métodos para solucionar el problema de los suelos y obtener así una carretera mejor y más estable.

**PAVIMENTOS.-** Se tratará de buscar nuevos materiales o mejorar las propiedades de los existentes para tener una mejor economía,



más dureabilidad y mayor uniformidad en los pavimentos.

**DRENAJE.-** Es el desarrollo y la aplicación de técnicas modernas de Hidrología y de Ingeniería Hidráulica en el suelo y el sub-suelo.

**ESTRUCTURAS.-** Aplicación de nuevos conceptos en puentes, materia les estructurales y su proceso de análisis.

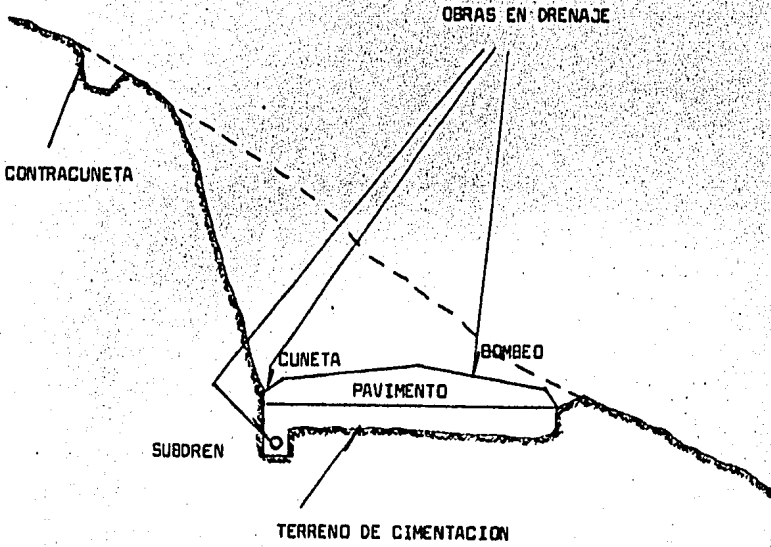
Los elementos fundamentales que constituyen la estructura de una carretera son:

- 1.- TERRENO DE CIMENTACION
- 2.- TERRACERIAS
- 3.- LAS OBRAS DE DRENAJE
- 4.- EL PAVIMENTO

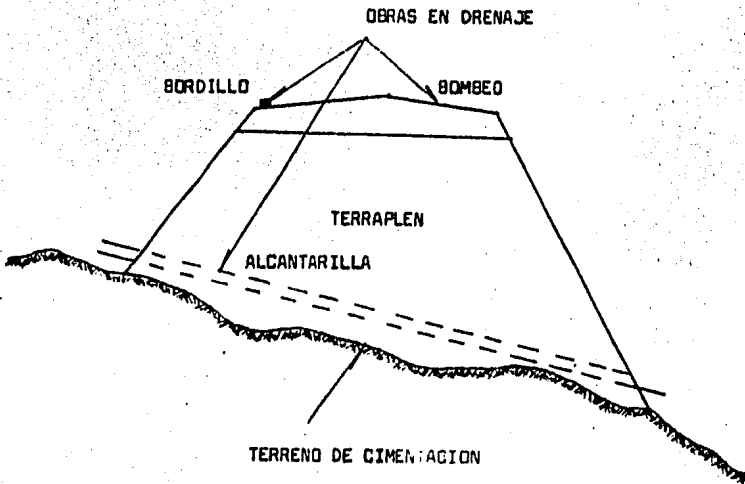
El terreno de Cimentación es la zona de la corteza terrestre en la cual queda apoyada la obra vial, le sirve de sustentación y está apoyada por la misma.

Las terracerías están constituidas por el conjunto de excavaciones (cortes) y rellenos (terraplenes) . Que es necesario efectuar en la corteza terrestre, para acondicionar la faja de ésta por donde se desarrollará la obra y se ejecutan hasta la subrasante y de acuerdo a especificaciones del proyecto ( ver - Fig. 1 ).

A) TERRACERIAS EN CORTE

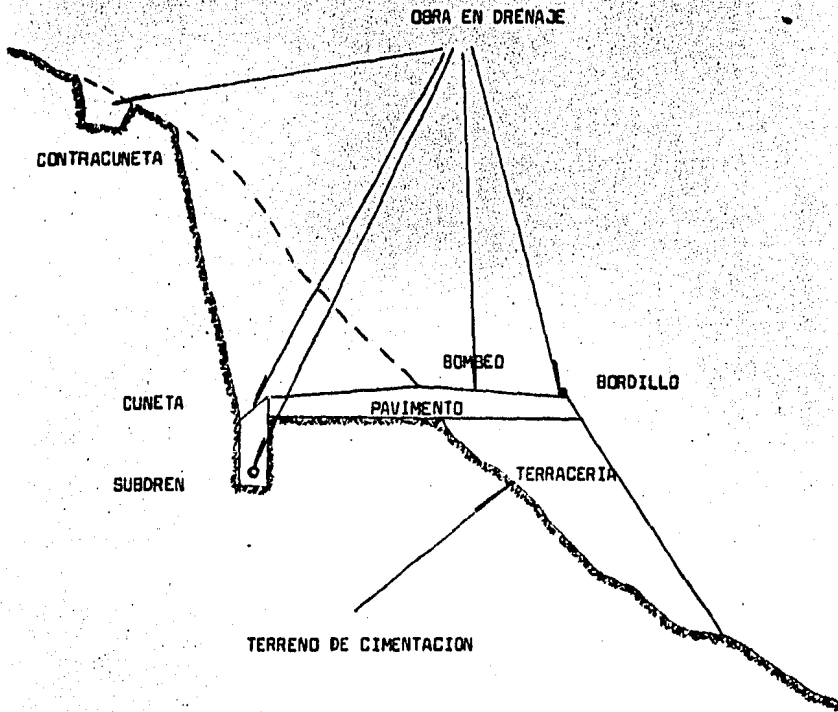


B) TERRACERIAS EN TERRAPLEN



A LA COMBINACION DE TERRACERIAS EN CORTE Y EN TERRAPLEN SE LE DENOMINA EN BALCON Y EN LA SIGUIENTE ( FIG. 2 )

C) TERRACERIA EN BALCON.



Obras de Drenaje son todas aquellas obras cuya finalidad -  
consiste en que el agua superficial o subterránea que llegue a -  
tienda a llegar a la estructura de la carretera, sea desalojada  
rapidamente o interceptada de manera adecuada, evitando con -  
ello que se produzcan deterioros en dicha estructura y se vea -  
afectado su buen funcionamiento y duración.

El pavimento es la capa o conjunto de capas comprendidas -  
entre la superficie de rodamiento, cuya función principal es so -  
portar las cargas rodantes y transmitir a las terracerías los -  
esfuerzos que producen, distribuyendolas en tal forma que no se  
originen deformaciones perjudiciales en ellas. El pavimento se -  
apoya directamente sobre la subrasante, que constituye la parte  
superior de las terracerías con un espesor de 30 cm. y que está  
siempre formada por un suelo de calidad adecuada y debidamente -  
compactado.

### III.- DATOS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS.

Terreno de Cimentación. El terreno de cimentación puede estar formado por:

	IGNEAS
ROCAS	SEDIMENTARIAS
	METAMORFICAS
	FRICCIONANTES
SUELOS	COHESIVOS (LIMOS PLASTICOS Y ARCILLAS)

1.- Los Terrenos de Cimentación formados por rocas sanas y medianamente alteradas, prácticamente no plantean problema alguno, pues la obra vial le comunica esfuerzos de baja intensidad en relación a su resistencia.

2.- Los Terrenos de Cimentación formados por suelos friccionaltes (grava, arenas, limos no plásticos y mezcla de estos), constituye un excelente terreno de cimentación, con capacidad de carga suficiente y sin problemas de asentamiento. Se debe tener cuidado con arenas y limos muy sueltos, ya que pueden plantear problemas de asentamiento o reacomodos bruscos cuando están sujetos a cargas importantes, sobre todo de tipo vibratorio.

3.- En los Terrenos de Cimentación formados por limos plásticos-

y arcillas, se distinguen dos casos diferentes:

Cuando su compresibilidad es relativamente baja ( suelos - CL, ML y OL ) y cuando son francamente compresibles ( suelos - CH, MH y OH). El primer grupo de suelos (CL, ML y OL) en general presenta pocos problemas no siendo así el segundo grupo - (CH, MH y OH), pues su presencia generalmente está asociada a la falta de resistencia y elevada compresibilidad, por cuyo motivo deben tomarse medidas adecuadas para asegurar su buen comportamiento.

## TERRAPLENES

### 1.- CORTES

Son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en rebajes de corona de cortes y en terraplenes existentes, en de-rumbes, en escalones y en desplomes de cortes o para el des-plante de terraplenes con objeto de preparar y formar la sec-ción de la obra.

Los materiales de cortes de acuerdo a la dificultad que presentan para su extracción y carga se clasifican tomando como base los tres tipos siguientes:

MATERIAL A

MATERIAL B

MATERIAL C

**MATERIAL A .-** Es el blando, suelto o el poco o nada cementado con partículas hasta 7.5 cm. (3") que puede ser excavado sin auxilio de equipo mecánico con pico y pala, los más comunmente clasificados son los suelos agrícolas, los limos, las arcillas y las arenas.

**MATERIAL B.-** Es el que por dificultad de extracción y carga, sólo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla. además se considera como material B, las piedras sueltas menores de 75 cm. y mayores de 7.5 cm. (3") ejemplo de estos materiales son las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados areniscas blandas y tepetates.

**MATERIAL C.-** Es el que por su dificultad de extracción sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; además, también se considera como material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75 cm. los materiales más comunmente clasificados como material C, son las rocas basálticas, las areniscas, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

Los materiales empleados en cortes se pueden emplear en la formación de terraplenes o se desperdiciarán, según se indique el proyecto.

## 2.- TERRAPLENES

En los terraplenes se distinguen dos partes: la inferior, designada como cuerpo de terraplen y la superior llamada capa-

subrasante que constituye generalmente los últimos 30 cms. del terraplen.

Los materiales que se emplean en la construcción de terraplenes se clasifican en:

A) MATERIAL COMPACTABLE

B) MATERIAL NO COMPACTABLE

Los materiales compactables son los suelos y los fragmentos de rocas, conglomerados poco cementados, tepetates y otros materiales que aun cuando al excavarlos presentan fragmentos o terrones que con el manejo y colocación se reducen prácticamente a suelo.

Materiales no Compactables.- Son los fragmentos de roca provenientes de mantos sanos, tales como basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos, andesitas, etc., el tamaño de los fragmentos de roca va desde 7.5cm. hasta 2.00 mts.

En general cualquier tipo de suelo es aprovechable para terracerías; se exceptúan los suelos orgánicos o aquellos cuyo rebote elástico sea importante y por lo tanto produzcan deformaciones excesivas en las capas superiores.

El material de la capa subrasante se selecciona con más cuidado que el del cuerpo del terraplen, ya que una de sus funciones es servir de transición entre la terracería y el pavimento y ser el apoyo de éste. Cuando el material del cuerpo del



terraplen es de buena calidad, la capa subrasante puede estar formada por el mismo material, sujeto solamente de un mejor proceso constructivo, sobre todo en lo referente a su compactación con objeto de aumentar su resistencia.

La capa subrasante es de vital importancia para la obra vial puesto que de su calidad dependen en gran parte el espesor y comportamiento del pavimento. Las principales propiedades que debe tener la capa subrasante son: resistencia a los esfuerzos, facilidad de compactación y adecuadas características de drenaje. La capa subrasante siempre debe estar formada por un suelo (material pasando 100% la malla de 3").

### 3.- OBRAS DE DRENAJE

Entre las obras de drenaje quedan comprendidos los puentes, alcantarillas (de losa, tubo o bóveda), cunetas, contracunetas, bordillos, lavaderos, vados, subdrenes de penetración, capas permeables o rompedoras de capilaridad, etc.

Los materiales más comunmente usados en la construcción de las obras de drenaje son: piedras para mampostería, mortero de cemento, concreto hidráulico, acero de refuerzo para concreto preesforzado, tubos de lámina corrugada de acero, tubos de concreto hidráulico, etc.

### 4.- PAVIMENTO

FLEXIBLES

LOS PAVIMENTOS PUEDEN SER

RIGIDOS

## PAVIMENTO FLEXIBLE

Es aquel cuya capa de rodamiento esté constituida por una carpeta asfáltica que se apoya sobre una base y una sub-base. - La carpeta se protege con un riego de sello y en ocasiones con un mortero asfáltico.

### CAPAS QUE INTEGRAN EL PAVIMENTO FLEXIBLE

Sub-base.- Es la capa de material seleccionado comprendida entre la subrasante y la base. Sus principales funciones son - las siguientes:

- Transmitir los esfuerzos a la capa subrasante en forma - conveniente.

- Absorber las deformaciones perjudiciales de la capa subrasante debidas a cambios volumétricos. Impidiendo que estos se reflejen en la superficie del pavimento.

- Servir de transmisión entre la base y la capa subrasante

- Servir de dren, desalojando el agua que se filtra por - las terracerías, impidiendo el ascenso capilar de éstas hacia - la base.

Base.- Es la capa de material seleccionado entre la sub-base y la carpeta, sus principales funciones son las siguientes:

- Proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas de sub-base y subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito.

- En algunos casos actúa como dren para desalojar el agua que se introduce a través de la carpeta o de los acotamientos -

del pavimento; además impide la ascensión capilar del agua procedente de las terracerías.

Carpeta Asfáltica.- Es la capa o conjunto de capas que se colocan sobre la base constituida por material pétreo y un producto asfáltico. Las principales funciones que deben desempeñar.

- Impedir las infiltraciones del agua de lluvia hacia las capas inferiores.

- Resistir la acción destructora de los vehículos y de los demás agentes climatológicos.

En general las carpetas asfálticas se clasifican de la siguiente manera.

Carpeta por el sistema de riegos.- Consiste en una serie de capas sucesivas de riego de asfalto, cubiertas una de ellas con material pétreo graduado.

Carpeta por el sistema de mezclado en el lugar. Consiste en mezclas de materiales pétreos y productos asfálticos elaborados en el lugar con motoconformadora o planta móvil.

Carpeta de concreto asfáltico. Mezcla de materiales pétreos y cemento asfálticos elaborados con planta estacionaria.

Riego de Sello.- Consiste en la aplicación de material asfáltico que se cubre con un material pétreo cuya finalidad es la de impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Mortero Asfáltico.- Es el que se elabora con un material pétreo, agua y emulsión asfáltica para ser aplicado sobre una base impregnada o una carpeta asfáltica, con el objeto de impermeabilizarlas y protegerlas contra el desgaste.

Los materiales que se usan para sub-bases, pueden ser materiales sin ningún tratamiento o pueden requerir cribado, trituración parcial y cribado o trituración total. Los que se utilizan para carpetas y riegos de sello requieren generalmente algunos de los tres últimos tratamientos mencionados.

**Pavimento Rígido.-** Es aquel cuya capa de rodamiento está formada por la losa de concreto hidráulico apoyada sobre la capa subrasante o sobre una sub-base.

#### CAPAS QUE INTEGRAN EL PAVIMENTO RIGIDO

- a) SUB-BASE
- b) LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO

**SUB-BASE.-** La capa de la sub-base es usada en pavimentos rígidos por las siguientes razones.

- Control de Bombeo
- Control de Heladas
- Drenaje
- Control de la contracción y expansión de las terracerías
- Facilidad de Construcción

La sub-base proporciona alguna propiedad estructural, aunque no se coloca con ese fin pues la losa debe ser suficiente para soportar las cargas y por lo tanto la sub-base casi no influye en el espesor de la losa de concreto hidráulico.

**Losa de Concreto Hidráulico.-** Es el elemento resistente en

el caso de los pavimentos rígidos. Transmite esfuerzos de bajo nivel a las capas inferiores.

## REVESTIMIENTO

Son las capas de materiales seleccionados que se tienden sobre las terracerías, que se utilizan como superficies de rodaje.

La principal función del revestimiento es la de proteger las terracerías de los agentes atmosféricos y del tránsito, asegurando el uso de la obra vial durante toda época del año.

**Materiales.-** Los materiales que más comunmente se usan o emplean en el revestimiento son:

- a) Materiales que no requieren tratamiento
- b) Materiales que requieren ser disgregados
- c) Materiales que requieren ser cribados
- d) Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados.

## VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE CARRETERAS Y METODOS QUE SE USAN EN MEXICO PARA EL DISEÑO.

Las variables que primeramente influyen en el diseño de los espesores de pavimento y en la estructuración de sus capas tanto en el caso de los flexibles como en los rígidos son:

1.- TRANSITO.- Qué incluye su intensidad diaria ( promedio anual) peso y distribución de los vehículos y tasa anual de crecimiento.

2.- PERIODO DE DISEÑO.- Qué permite calcular el número de repeticiones de las cargas ( transformadas a cargas equivalentes de 8.2 tons. por eje sencillo, en el caso de pavimentos flexibles y agrupados según sus pesos, tipo y número de ejes en el caso de los pavimentos rígidos), que soporta el pavimento durante su vida útil. En el caso del pavimento de concreto hidráulico el período de diseño en general es de 20 años. Los pavimentos flexibles en muchos casos es conveniente diseñarlos para una construcción por etapas, que puede ser de 5 años, para irlos reforzando con sobrecarpetas a medida que la intensidad del tráfico la vaya requiriendo.

3.- RESISTENCIA DE LA CAPA SUBRASANTE.- Es en la que se apoyará el pavimento, en el diseño de pavimentos flexibles la resistencia de la capa subrasante puede determinarse según su propio método de diseño, mediante pruebas de CBR, pruebas de esta

bilómetro de HVEEM ( Valor de R) o pruebas de placas de 12" - ( Valor soporte) . En el caso de pavimentos rígidos la resistencia de la capa subrasante se mide generalmente por la prueba del módulo de reacción ( Valor de K).

4.- CONDICIONES DEL CLIMA.- Principalmente temperatura media-anual y precipitación pluvial.

5.- NUMERO DE CARRILES.- Intervienen para fijar la cantidad - de camiones de cargas pesadas que transitarán por el carril - exterior ( de baja velocidad ) que es el que se considera como carril de diseño. En una carretera de 2 carriles, este número de carriles lógicamente es el 50% del total de ellos que transita en ambos sentidos. En una carretera de 4 carriles se estima en 45% y en una de 6 o más carriles en 40% del total.

Para el diseño de pavimentos se emplean en México varios métodos, los que se describen brevemente a continuación.

#### A) METODO TRADICIONAL S. A. H. O. P.

Este método se basa en curvas para diferentes números de tráfico ( vehículos con un peso igual o mayor a 3 tons. en un sentido) y está en función de el valor relativo de soporte - (VRS) del material de la capa subrasante, con estos datos se pueden conocer el espesor total de la sub-base más la base y por último el espesor y tipo de carpetas se fija tomando en cuenta principalmente la intensidad del tránsito y de las condiciones climáticas de la región, quedando un tanto al crite-

rio del proyectista.

#### B) METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO DE E. U.

Este método se basa principalmente en el uso de nomogramas, de éstos nomogramas se obtiene el espesor del pavimento requerido en términos de concreto asfáltico, pudiéndose transformar a espesor de base y sub-base hidráulica con la siguiente equivalencia.

1" de concreto asfáltico = 2.0" de base hidráulica

1" de concreto asfáltico = 2.7" de sub-base hidráulica

Para usar los nomogramas se requiere conocer el índice de resistencia del material de la capa subrasante y el valor del tránsito de diseño, el cual se puede obtener mediante el número de tránsito inicial por un factor de corrección, este último está en función del período de diseño y la tasa anual de crecimiento.

#### C) EL METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA U.N.A.M.

De acuerdo con este método, los espesores del pavimento se obtienen a partir del índice de espesor, el cual se obtiene en curvas que están en función con el tránsito acumulado ( en millones de ejes equivalentes a 8.2 tons. en un sólo sentido que soportará el pavimento en el período de diseño) y el valor relativo de soporte (VRS) del material de la capa subrasante.

El tránsito acumulado en millones de ejes sencillos equivalentes de 8.2 tons., se puede obtener conociendo el volumen



de tránsito promedio diario anual que se estima tendrá la carretera durante el primer año de servicio, la tasa de crecimiento anual, el período de diseño y la composición del tránsito; éste último se utiliza para aplicar factores de equivalencia de carga de eje sencillo de 8.2 tons. de los diferentes tipos de vehículos.

#### IV.- CONTROL DE CALIDAD

Siempre resulta necesario llevar un control en todas y - cada uno de los factores que intervienen en la construcción - de carreteras, ya que sin duda la aplicación de adecuadas téc - nicas en la construcción de las obras trae consigo una mejor - duración y una mejor calidad. Para esto la S.A.H.O.P. edita - una serie de especificaciones principalmente las partes segun - da, tercera, cuarta, octava y novena, las cuales se refieren - a la construcción de carreteras y establecen las característi - cas que deben cumplir los materiales que se utilizan en di - chas obras para lograr lo descrito anteriormente.

A continuación se describen brevemente las pruebas más - importantes y necesarias de realizar en los materiales que - constituyen la estructura de una obra vial.

#### TERRACERIAS

Para estar en condiciones de conocer más a fondo las ca - racterísticas de los materiales utilizarlos en la construc - ción de terraplenes, es necesario identificarlos y clasificar - los correctamente, para tal fin nos ayuda la parte octava y - primera de las especificaciones SAHOP.

- Cuando se trate de fragmentos de roca ( 7.5 cm. a - - 2.0 m), su clasificación depende del tamaño de los mismos. .

- Los suelos de partículas gruesas, se clasifican en gra

vas, cuando más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla No. 4. Las arenas y las gravas se designan como bien o mal graduadas, de acuerdo a sus coeficientes de curvatura y uniformidad.

- La clasificación de los suelos de partículas finas, se determina principalmente haciendo pruebas de plasticidad (límite líquido y límite plástico), a la fracción que pasa la malla No. 40, para ubicarlas en la carta de plasticidad.

Límite Líquido.- Su objeto es determinar el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico de un suelo.

Límite Plástico.- Tiene por objeto determinar el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plástico y semisólido de un suelo.

A la diferencia aritmética entre el límite líquido y límite plástico, se le denomina Índice Plástico; con este valor y el límite líquido se entra a la carta de plasticidad para clasificar el suelo de acuerdo al S.U.C.S.

VALOR DE SOPORTE ESTANDARD (VRS). Mide la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujeto a un determinado período de saturación. La prueba consiste en medir la carga necesaria para que un pistón de 4.94 cm. de diámetro penetre en el espécimen 2.54 mm. (0.1"), dicha carga se expresa como un porcentaje de la carga standard (1360 Kg). Mientras

mayor sea éste valor, mejor será la calidad del material.

EXPANSION ASOCIADA A LA PRUEBA (VRS). Pone de manifiesto en forma indirecta la presencia de partículas dañinas en un suelo. La prueba consiste en sumergir el espécimen en un tanque de saturación y medir el deslizamiento vertical que experimenta después de 3 o 4 días, el cual se expresa como porcentaje de su altura inicial. Mientras mayor sea la expansión, menor será su calidad.

El material para el cuerpo de terraplen, debe cumplir lo siguiente:

- En los suelos finos el límite líquido no deberá ser mayor de el 100 %.

- El cuerpo del terraplen se compactará a 90%, o más según lo indique el proyecto.

- El material para la capa subrasante deberá cumplir con lo siguiente:

TAMAÑO MAXIMO DEL MATERIAL	3"
VALOR RELATIVO DE SOPORTE	5% MINIMO
EXPANSION	5% MINIMO

Además de lo anterior, la capa subrasante deberá tener un espesor mínimo de 30 cm. y compactarse a 95% o al grado que fije el proyecto.

## O B R A S D E D R E N A J E

Los materiales y elementos más comunmente utilizados en la construcción de obras de drenaje, se describen a continuación:

- 1.- Mampostería
- 2.- Concreto Hidráulico
- 3.- Acero de Refuerzo
- 4.- Alcantarillas de lámina corrugada de acero
- 5.- Alcantarillas tubulares de concreto Hidráulico
- 6.- Sub-drenes

### 1.- MAMPOSTERIA

Son elementos estructurales que se constituyen con piedra juntada con mortero de cemento o de cal o sin juntar, existen 3 tipos de mamposterías.

a) Mampostería de Segunda Clase.- Es la que se constituye con piedra toscamente labrada, rostreada y juntada con mortero de cemento.

b) Mampostería de Tercera Clase.- Es la que se constituye con piedra sin labrar, juntada con mortero de cemento, de cal hidratada en polvo o de cal hidratada en pasta.

c) Mampostería Seca.- Es la que se constituye con piedra sin labrar, debidamente acomodada para dejar el menor número de vacíos, sin emplear mortero.

Los materiales utilizados en la construcción de mamposte-  
rías, se indican a continuación.

Piedras de Mampostería.- Es el fragmento de roca que se  
usa en su estado natural, las cuales deben pesar como mínimo-  
30 Kg., excepto las que se emplean para acuñar y deben cum-  
plir con las siguientes normas:

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ESTADO HUMEDO	150 Kg/cm <sup>2</sup> MINIMO
RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ESTADO HUMEDO APLICANDO- LA CARGA PARALELAMENTE A LOS PLANOS DE FORMACION CUANDO - LOS HAYA	100 Kg/cm <sup>2</sup> MINIMO
ABSORCION	4 % MAXIMO
DENSIDAD APARENTE	2.3 MINIMA
RESISTENCIA AL INTERPERISMO ACELERADO (SANIDAD)	10% MAXIMO

## 2.- CONCRETO HIDRAULICO

Es la mezcla de cemento portland, agregados pétreos se-  
leccionados, agua y adiconanates en su caso, que al fraguar-  
adquiere las características previamente fijadas.

Los materiales, especificaciones, así como pruebas que -  
se deben realizar serán de acuerdo a los indicado en el regla-  
mento A.C.I. (Instituto Americano de Concreto) y de acuerdo -  
a la parte octava del libro primero S.A.H.O.P.

### 3.- ACERO DE REFUERZO PARA CONCRETO HIDRAULICO

Los productos de acero más comúnmente utilizados en la construcción de obras de drenaje son las varillas de acero para refuerzo del concreto, el alambre de acero estirado en frío también para refuerzo de concreto y el alambre de acero para preesfuerzo de concreto.

#### a) Varilla de acero para refuerzo de concreto.

Son las que generalmente provienen de la laminación en caliente de lingotes de acero, de rieles o de ejes, también hay varillas torcidas en frío.

b) Alambre de acero estirado en frío para refuerzo de concreto, es el que se obtiene del estirado en frío de alambón laminado en caliente, procedente de lingote o palanquilla, su diámetro varía entre 2 a 13 mm. y se puede emplear en forma aislada o formando malla. El alambre de acero estirado en frío se identifica por calibre.

#### c) Alambre de acero para preesfuerzo de concreto.

Son alambres de acero al alto carbono, sin recubrimiento y relevados de esfuerzos, obtenidos por el proceso de estirado en frío. El acero de refuerzo deberá de cumplir con lo especificado por las especificaciones generales de construcción de la S.A.H.O.P. en la parte octava.

### 4.- ALCANTARILLADO DE LAMINA CORRUGADA DE ACERO

Son las que se constituyen con una o varias líneas de tubos o arcos de lámina corrugada de acero, estas deberán cumplir con lo especificado por el proyecto en lo que respecta -

a galvanizado, grapas, pernos remaches, etc...

5.- ALCANTARILLAS TUBULARES DE CONCRETO HIDRAULICO

Son las que se constituyen con una o varias líneas de tu bos de concreto, de acuerdo a lo especificado en el proyecto- de dichos tubos, pueden ser sin o con refuerzo y deben cumplir con especificaciones S.A.H.O.P. parte tercera.

6.- SUBDRENES

Son los elementos de un sistema de drenaje subterráneo - cuya función es captar, coleccionar y desalojar el agua del te - rreno natural de una terracería o de un pavimento. Los sub - drenes pueden ser principalmente de los siguientes tipos: En zanja, de penetración, capas permeables, trincheras, po - zos de alivio y galerías filtrantes.

PAVIMENTO

Como ya se indicó anteriormente, los pavimentos pueden - ser flexibles o rígidos. A continuación se hará mención de ca da uno de estos pavimentos, la forma o capas de material por las que están construídas y las pruebas de control de cali - dad que se les deberá aplicar a los materiales que integran - la estructura del pavimento.

PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento flexible está constituido generalmente por-



una sub-base, una base una carpeta asfáltica y en ocasiones-también por un riego de sello.

### SUB-BASE Y BASE

Los materiales pétreos utilizados en la construcción de sub-bases y bases para pavimentos se clasifican de la siguiente forma:

A) Los que no requieren tratamiento alguno, disgregación, cribado o trituración.

B) Los que para su utilización requieren de disgregación cribado o trituración.

C) Mezclas de 2 o más materiales del grupo A), del grupo B) o de materiales provenientes de ambos grupos.

D) Materiales de los grupos A), B), o C) mezclados con un material asfáltico.

E) Materiales de los grupos A), B) o C) mezclados con cemento portland y puzolana.

F) Materiales de los grupos A), B), o C) mezclados con cal hidratada y cemento portland.

Los materiales del tipo A), B), y C) cuando se emplean en sub-base de pavimento flexible de carreteras debe cumplir con los siguientes requisitos:

a) De granulometría, deberá estar comprendido entre las zonas que se indican en curvas tipo de acuerdo a S.A.H.O.P.

b) De contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte y equivalente de arena según la siguiente tabla:

ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL  
DE ACUERDO A SU GRANULAMETRIA

	1	2	3
CONTRACCION LINEAL EN %	6.0 MAX.	4.5 MAX.	3.0 MAX.
VALOR CEMENTANTE PARA MATERIALES ANGULOSOS EN Kg/ Cm <sup>2</sup> .	3.5 MIN.	3.0 MIN.	2.5 MIN.
VALOR CEMENTANTE PARA MATERIALES REDONDEADOS Y LISOS EN Kg/Cm. <sup>2</sup>	5.5 MIN.	4.5 MIN.	3.5 MIN.
ESTANDARD SATURADO EN %		50 MINIMO	
EQUIVALENTE DE ARENA EN %		20 MINIMO	

## OBJETIVO DE LAS PRUEBAS

CONTRACCION LINEAL.- Su objetivo es determinar la reducción del volumen de un espécimen fabricado con la fracción del suelo que pasa la malla No. 40, medida según una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original.

La prueba consiste en llenar un molde siguiendo un procedimiento especificado, con material conteniendo la humedad del límite líquido, una vez lleno se deja secar al aire hasta que el color cambie de obscuro a claro y a continuación se pone a secar en un horno durante 18 horas, finalmente se mide la longitud del espécimen seco y se efectúan los cálculos para obtener la contracción lineal. Las contracciones altas indican la presencia de arcillas en el suelo.

VALOR CEMENTANTE.- El objetivo de la prueba es determinar el poder de cementación de un suelo, el cual está en función de la forma, acomodo y rugosidad de la partícula, de la plasticidad de los finos y de otros fenómenos que tienen relación con la composición química del suelo.

La prueba consiste en elaborar especímenes siguiendo un procedimiento establecido con suelo que pasa la malla No. 40, al cual previamente se le agrega agua hasta alcanzar la humedad óptima de compactación. El espécimen se seca en el horno y posteriormente se prueba la compresión. El valor cementante se calcula dividiendo la carga necesaria pa-

ra que falle el espécimen entre el área de la sección transversal del mismo.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS).- Mide la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujeto a un determinado período de saturación. La prueba consiste en medir la carga necesaria para que un pistón de 4.95 cm. de diámetro penetre en el espécimen 2.54 m<sup>m</sup> (0.1"): dicha carga se expresa en % de la carga estandar (1,360 Kg), Mientras mayor sea este valor mejor será la calidad del material.

EQUIVALENTE DE ARENA.- Tiene por objeto determinar en la fracción del suelo que pasa la malla No. 4 las proporciones volumetricas de partículas gruesas de tamaño mayor que el de las arcillas y polvos respecto al de las partículas finas de tamaño similar a los materiales ultimamente citados. Para esto se emplea un procedimiento que amplifica el volumen de los materiales finos en forma proporcional a sus efectos perjudiciales.

La prueba consiste en colocar la muestra de suelo en una probeta contra la palma de la mano para remover las burbujas de aire y se deja reposar 10 minutos. A continuación se coloca un tapón de hule en la probeta y se agita, en seguida de dejar en reposo durante 20 minutos y al término de este lapso se lee en la escala de la probeta el nivel superior de los finos en suspensión, el cual demoninará - -

"lectura de Arcilla", a continuación se introduce el pistón de prueba en la probeta hasta que por su propio peso descansan en la fracción gruesa y se hace la lectura del nivel superior del indicador, se le restan 254 mm. y se registra la diferencia como "lectura de arena". El equivalente de arena se calcula con la siguiente fórmula.

$$\text{EQUIVALENTE DE ARENA} = \frac{\text{LECTURA DE ARENA}}{\text{LECTURA DE ARCILLA}} \times 100$$

Esta prueba sirve para obtener rápidamente datos sobre la calidad del material, desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables, sean o no de naturaleza plástica.

Los materiales clasificados en el grupo D) que predominantemente contengan partículas que pasen la malla No. 4 ( más del 70% ) deben llenar los siguientes requisitos.

a) Cuando por sí sólo acusen valores de contracción lineal y equivalente de arena fuera de especificaciones, pueden usarse si una vez estabilizadas con algún material asfáltico, satisfacen por medio de la prueba Hubbard Field Modificada, debe cumplir con los requisitos siguientes.

VALOR DE ESTABILIDAD	100 Kg. Mínimo
EXPANSION	2 % Máximo
ABSORCION	5 % Máximo

b) Los materiales plásticos como las arenas, pueden emplearse si una vez estabilizadas con un material asfáltico-presentan un valor de soporte Florida Modificado de 65 Kg.- como mínimo.

### OBJETIVO DE LAS PRUEBAS

PRUEBAS HUBBARD FIELD.- Tiene por objeto diseñar estabilizaciones de suelos que pasan la malla No. 4 con productos asfálticos. El método consiste en elaborar especímenes de dimensiones especificadas empleando mezclas de material pétreo seco o bajo ciertas condiciones de humedad, con diferentes contenidos de asfalto; los especímenes pueden ser probados sin saturación previa o bien si se mantienen en un medio húmedo durante cierto tiempo y posteriormente se les determinan sus características de absorción, expansión y valor de estabilidad o resistencia a la falla por extrusión.

VALOR DE SOPORTE DE FLORIDA MODIFICADO.- Su objetivo es diseñar y verificar la estabilización de materiales arenosos con emulsiones asfálticas. La prueba consiste en elaborar especímenes de dimensiones especificadas, empleando mezclas de material pétreo bajo ciertas condiciones de humedad y diferentes contenidos de emulsión asfáltica, los cuales se compactarán mediante carga estática, estos especímenes después de haber sido curados se someten a una prueba de penetración para obtener su valor de Soporte Florida Mo-

dificado. El procedimiento se aplica únicamente a materiales con equivalentes de arena mayor de 40% y cuyas partículas - predominantemente pasen por la malla No. 4 y no más del 25 % pase por la malla No. 200.

Los materiales clasificados en el grupo E), deberán satisfacer los siguientes requisitos:

En las estabilizaciones de materiales para sub-bases de tipo flexibles ( suelo modificado ) que son aquellas en las que se mezcla el material pétreo con pequeñas cantidades de cemento portland o de cemento portland con puzolana, cuyo objetivo es disminuir la plasticidad de material por estabilizar.

El material por estabilizar no deberá contener una cantidad de materia orgánica mayor del 3%.

Los materiales clasificados en el grupo F) para formar sub-bases de pavimento deberá llenar los siguientes requisitos.

a) Para el material antes de estabilizarse.

INDICE PLASTICO	45 MAXIMO, 10 MINIMO
LIMITE LIQUIDO	45 MAXIMO
CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	3% MAXIMO

b) Para el material estabilizado con cal hidratada, puzolana o con mezcla de cemento portland y cal hidratada se deberá cumplir con fijado en A), B), y C).

Los materiales de los tipos A), B), y C) cuando se em -

plean para bases en pavimentos flexibles y para sub-bases - en pavimentos rígidos deberán llenar los siguientes requisitos:

a) De granulometría.- La curva granulométrica del material deberá estar comprendida en zonas indicadas en especificaciones S.A.H.O.P. y la relación del porcentaje en peso que pase la malla No. 200 al que pase la malla No. 40, no deberá ser mayor de 0.65.

El tamaño máximo de las partículas de los materiales - que no requieren ningún tratamiento para los que requieren disgregación o cribado, no deberá ser mayor de 51 mm. (2"); para los materiales que requieren trituración parcial y cribado para los que requieren trituración total y cribado, el tamaño máximo de las partículas no deberá ser mayor de 38mm. (1 1/2").



b) De Límite Líquido.- Contracción lineal y valor cementante, los fijados en seguida:

C A R A C T E R I S T I C A S	ZONAS EN QUE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA		
	1	2	3
LIMITE LIQUIDO EN %	30 MAX.	30 MAX.	30 MAX.
CONTRACCION LINEAL EN %	4.5 MAX.	4.5 MAX.	2.0 MAX.
VALOR CEMENTANTE PARA MATERIALES ANGULOSOS EN KG/CM2	3.5 MIN.	3.0 MIN.	2.5 MIN.
VALOR CEMENTANTE PARA MATERIALES REDONDEADOS Y LISOS KG/CM2	5.5 MIN.	4.5 MIN.	3.5 MIN.

c) De valor relativo de soporte estandar, equivalente de arena e índice de durabilidad indicados a continuación:

INTENSIDAD DE TRANSITO EN AMBOS SENTIDOS	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTANDAR	EQUIVALENTE DE ARENA	INDICE DE - DURABILIDAD
HASTA 1,000 VEHICULOS PESADOS AL DIA	80 MINIMO	30 MINIMO	35 MINIMO
MAS DE 1,000 VEHICULOS PESADOS AL DIA	100 MINIMO	50 MINIMO	40 MINIMO

Los vehículos pesados incluyen los autobuses y los camiones en todos sus tipos.

d) De afinidad con el asfalto con los indicado a continuación:

DESPRENDIMIENTO POR FRICCION 25 MAXIMO

CUBRIMIENTO CON ASFALTO (METODO INGLES). 90 MINIMO

DESPRENDIMIENTO DE PARTICULAS 25 MAXIMO

Deberá cumplir cuando menos con dos de la pruebas marcadas anteriormente.

#### OBJETIVO DE LAS PRUEBAS

LIMITE LIQUIDO.- Para su determinación se emplea el procedimiento de Casagrande según el cual se define como límite líquido el contenido de agua de la fracción del suelo que pasa la malla No. 40 cuando al ser colocada en la capa de Casagrande y efectuar en ella una ranura trapezoidal de dimensiones especificadas, los bordes inferiores de la misma se ponen en contacto con una longitud de 13 mm, después de golpear la copa 25 veces, dejandola caer contra una superficie dura de características especiales, desde una altura de -

1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo. El límite lí quido da una idea sobre la plasticidad del suelo.

INDICE DE DURABILIDAD.- Es una medida de la resistencia que oponen los materiales pétreos a producir fines perjudiciales cuando están trabajando en la obra bajo ciertas condiciones de humedad. Su valor se expresa como un porcentaje que relaciona los volúmenes de la fracción que se conserva gruesa y el de la fracción fina que se produce durante la prueba la cual consiste en someter a una muestra de agregado pétreo con determinada granulometría a un proceso de degradación por agitado húmedo.

PRUEBA DE AFINIDAD.- El objetivo de la prueba de afinidad es determinar algunas propiedades relativas a la adherencia entre las partículas del material pétreo y la película de asfalto que las cubre para conocer en sí, si entre dichos materiales existe una liga que permita condiciones de estabilidad satisfactorias. Dichas propiedades se determinan mediante pruebas de desprendimiento por fricción, cubrimiento con asfalto, desprendimiento de la película y pérdida de estabilidad por inmersión en agua.

Si los resultados obtenidos en las pruebas no son satisfactorias se podrán mejorar las características de adhesividad entre el agregado pétreo y el asfalto mediante trituración del material pétreo, cambio producto asfáltico, lavado de los agregados y empleo de aditivos hasta lograr re-

ultados satisfactorios.

### CARPETAS ASFALTICAS

Las carpetas asfálticas se clasifican en:

CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE RIEGO.- Son las que se construyen mediante uno, dos o tres riegos de materiales asfálticos cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos en diferentes tamaños, triturados o cribados.

CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR.- Son los que se construyen en la carretera, mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y en material asfáltico .

CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO.- Son las que construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una forma estacionaria utilizando cementos asfálticos.

En la construcción de las carpetas antes mencionadas se utilizan materiales pétreos, productos asfálticos y aditivos cuando estos últimos son necesarios; dichos materiales deben cumplir, con requisitos de calidad, los cuales se mencionan a continuación.

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas por el sistema de riegos de se -  
llo deben cumplir los siguientes requisitos:

a) DE GRANULAMETRIA.- Con lo indicado en la tabla siguiente:

DENOMINACION DEL  
MATERIAL PETREO

	% Q U E P A S A L A M A L L A								
	1 1/4"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	NUM 4	NUM. 8	NUM. 40
1	100	95 MIN.		5 MAX.		0			
2			100	95 MIN.		5 MAX.		0	
3-A				100	95 MIN.			5 MAX.	0
3-B					100	95 MIN.		5 MAX.	0
3-E				100	95 MIN.		5 MAX.	0	

b) DE DESGASTE LOS ANGELES, de interperismo acelerado y de forma de las partículas, como se menciona en la tabla siguiente:

DE DESGASTE LOS ANGELES	30 % MAXIMO
INTERPERISMO ACELERADO	12 % MAXIMO
PARTICULAS ALARGADAS Y/O EN FORMA DE LAJA	35 % MAXIMO

c) DE AFINIDAD CON EL ASFALTO, como se menciona a continuación:

DESPRENDIMIENTO POR FRICCION	25 % MAXIMO
CUBRIMIENTO CON ASFALTO (METODO INGLES)	90 % MINIMO

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas elaboradas por el sistema de mezclas en el lugar deberán satisfacer las siguientes normas.

a) DE GRANULAMETRIA.- La curva granulométrica del material pétreo deberá cumplir con lo que indique el proyecto - en cada caso y en terminos generales deberá estar incluida la curva resultante dentro de los límites fijados por especificaciones.

b) DE CONTRACCION LINEAL.- Desgaste de los angeles, de forma de las partículas y de equivalente de arena con lo indicado en la siguiente tabla:

CONTRACCION LINEAL	2.5 % MAXIMO
DESGASTE LOS ANGELES	40 % MAXIMO
PARTICULAS ALARGADAS Y/O EN FORMA DE LAJA	35 % MAXIMO
EQUIVALENTE DE ARENA	55 % MINIMO

c) DE AFINIDAD CON EL ASFALTO.- Con lo indicado en la tabla siguiente:

DESPRENDIMIENTO POR FRICCION	25 % MAXIMO
CUBRIMIENTO CON ASTALTO ( METODO INGLES)	90 % MINIMO
PERDIDA DE ESTABILIDAD POR INMERSION EN AGUA	25 % MAXIMO

Deberá cumplir cuando menos con 2 de las pruebas marcadas.

Materiales pétreos para carpetas asfálticas elaboradas por el sistema de mezcla en planta estacionaria ( concreto-asfáltico), deberán satisfacer las siguientes normas.



a) DE GRANULAMETRIA.- Con lo fijado en curvas de granulometría según las curvas de especificaciones.

b) DE CONTRACCION LINEAL.- Desgaste los angeles, de forma de partículas y de equivalentes de arena con lo fijado a continuación:

CONTRACCION LINEAL	2 % MAXIMO
DESGASTE LOS ANGELES	40 % MAXIMO
PARTICULAS ALARGADAS Y/O EN FORMA DE LAJA	35 % MAXIMO
EQUIVALENTE DE ARENA	55 % MAXIMO

c) DE AFINIDAD CON EL ASFALTO, con lo fijado en la tabla siguiente:

DESPRENDIMIENTO POR FRICCION	25 % MAXIMO
CUBRIMIENTO CON ASFALTO ( METODO INGLES )	90 % MINIMO
PERDIDA DE ESTABILIDAD POR IN- MERSION EN AGUA	25 % MAXIMO

Deberá cumplir cuando menos con 2 de las pruebas marcadas.

## OBJETIVO DE LAS PRUEBAS

**DETERMINACION DE LA FORMA DE LAS PARTICULAS.**- La prueba tiene por objeto clasificar las partículas de material pétreo, en cuanto a su forma alargada o de laja y conocer los porcentajes respectivos. La prueba consiste en pasar cada una de las partículas de la muestra por un calibrador de espesores para determinar las partículas en forma de laja y por un calibrador de longitudes para determinar las partículas en forma alargada. El contenido de partículas alargadas o en forma de laja se calcula dividiendo el peso de las partículas que no pasan por el calibrador respectivo, entre el peso total de la muestra por 100.

La presencia de partículas alargadas o en forma de laja no son conveniente para el buen funcionamiento del material en la construcción de carpetas.

## PRODUCTOS ASFALTICOS

El asfalto es un material bituminoso sólido o semisólido con propiedades aglutinantes y que se licúa gradualmente al calentarse. Está constituido principalmente por asfaltenos, resinas y aceites; estos constituyentes le dan sus características de consistencia, poder de aglutinación y ductilidad.

Existen diferentes tipos de asfaltos.

CEMENTOS ASFALTICOS.- Son los asfáltos obtenidos por un proceso de destilación del petróleo para eliminarle los solventes volátiles y parte de los aceites. Se emplea generalmente en la elaboración de concreto asfáltico y el más comúnmente usado es el No. 6.

ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGNADO RAPIDO.- Están constituidos por cemento asfáltico y un disolvente del tipo de la nafta o gasolina. Se usan principalmente en la elaboración de mezclas asfálticas en el lugar en riegos de liga, los más usados son el FR-2, FR-3 y el FR-4.

ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGNADO MEDIO.- Están formados por un cemento asfáltico y un disolvente del tipo de la Kerosina. Se usan principalmente en riegos de impregnación- FM0 y FM-1.

ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGNADO LENTO.- Se componen de un cemento asfáltico y un disolvente de baja volatilidad o aceite ligero. Prácticamente ya no se utilizan en nuestro medio.

EMULSIONES ASFALTICAS.- Son los materiales asfálticos-líquidos, formados por dos fases no miscibles, en la que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de asfalto. Desprendiendo el agente emulsificante, pueden ser aniónicas si los

glóbulos del asfalto tienen carga electronegativa o cationica si los glóbulos de asfalto tienen carga electropositiva, las emulsiones asfálticas pueden ser de rompimiento rápido, medio y lento. Los tipos de rompimiento medio se emplean - en la elaboración de mezclas en el lugar y las de rompimiento lento son empleadas principalmente en la elaboración de morteros asfálticos.

Los diferentes materiales asfálticos deberán satisfa-cer las características que se indican en las tablas de la A a la D.

TABLA A) CEMENTOS ASFALTICOS

CARACTERISTICAS	CEMENTO		ASFALTICO	
	No. 3	No. 6	No. 7	No. 8
PENETRACION 100 g. 5s. 25 °C	180-200	80-100	60-70	40-50
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL				
A 135 °C, S. MINIMO	60	85	100	120
PUNTO DE INFLAMACION (COPA ABIERTA CLAVELAND) °C MINIMO	220	232	232	232
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO, °C	37-43	45-52	48-56	52-60
DUCTILIDAD, 25 °C, Cm. MINIMO	60	100	100	100
SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO % MINIMO	99.5	99.5	99.5	99.5
PRUEBA DE LA PELICULA DELGADA, 50 Cm.3, 5 h, 163 °C				
PENETRACION RETENIDA % MINIMO	40	50	54	58
PERDIDA POR CALENTAMIENTO, % MAXIMO	1.40	1.0	0.8	0.8

TABLA B) ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGNADO RAPIDO

C A R A C T E R I S T I C A S	G R A D O				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PUNTO DE INFLAMACION ( COPA - ABIERTA TAG.)			27	27	27
VISCOSIDAD SAYBOTL-FUROL					
A 25 °C, Seg.	75-150				
A 50 °C, Seg.		75-150			
A 60 °C, Seg.			100-200	250-500	
A 82 °C, Seg.					125-250
DESTILACION: % DEL TOTAL DES- TILADO A 360 °C					
HASTA 190 °C, MINIMO	15	10			
HASTA 225 °C, MINIMO	55	50	40	25	8
HASTA 260 °C, MINIMO	75	70	65	55	40
HASTA 315 °C, MINIMO	90	88	87	83	80

TABLA C) ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGNADO MEDIO

C A R A C T E R I S T I C A S	G R A D O				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
PUNTO DE INFLAMACION (COPA - ABIERTA TAG.) °C MINIMO	38	38	66	66	66
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL					
A 25 °C, Seg.	75-150				
A 50 °C, Seg.		75-150			
A 60 °C, Seg.			100-200	250-500	
A 82 °C, Seg.					125-250
DESTILACION: % TOTAL DESTILA- DO A 360°C					
HASTA 225 °C, MAXIMO	25	20	10	5	0
HASTA 260 °C,	40-70	25-65	15-55	5-40	0-30
HASTA 315 °C,	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80

TABLA D) ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO

C A R A C T E R I S T I C A S	G R A D O				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PUNTO DE INFLAMACION ( COPA - ABIERTA CLAVELAND) °C MINIMO	66	66	80	93	107
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL					
A 25 °C, Seg.	75-150				
A 50 °C, Seg.		75-150			
A 60 °C, Seg.			100-200	250-500	
A 82 °C, Seg.					125-250
DESTILACION TOTAL A 360 °C,					
% EN VOLUMEN	15-40	10-30	5-25	2-15	0-10



## OBJETIVO DE LAS PRUEBAS QUE SE EFECTUAN A LOS ASFALTOS

PRUEBA DE PENETRACION.- Su objeto es determinar la consistencia del asfalto. La prueba consiste en calentar un recipiente con la muestra de cemento asfáltico a 25 °C en un baño de agua con temperatura controlada, posteriormente una aguja accionada con un peso de 100 g., se deja introducir desde la superficie de la muestra de cemento asfáltico o del residuo de la destilación de asfaltos rebajados y emulsiones durante un lapso de 5 seg. la distancia en décimas de milímetro que penetra la aguja dentro del cemento, esto constituye los grados de penetración del producto o del residuo.

PRUEBA DE VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL.- El propósito es también la consistencia del asfalto en el rango de las temperaturas normalmente asociadas con las operaciones de construcción. La prueba consiste en calentar un volumen de material asfáltico en un recipiente especificado en el fondo del cual esta un orificio de forma y dimensiones también especificadas, un tapón cierra el orificio hasta que el material alcanza la temperatura establecida para la prueba. Logrado esto, se retira el tapón y se determina el tiempo, en segundos que se requieren para que 60cc. de asfalto fluya a través del orificio. Dicho lapso es denominado viscosidad Saybolt-Furol en unidades de segundo. Mientras el material sea más viscoso, mayor será el tiempo requerido para que el

referido volumen fluya a través del orificio.

PUNTO DE INFLAMACION.- Esta prueba sirve para determinar la temperatura a la cual el asfalto puede ser calentado en forma segura sin que se incendie en presencia de una flama directa. La prueba consiste en llevar un recipiente especificado ( copa claveland o copa tag, según el producto), - con un determinado volumen de asfalto el cual se pone a calentar. Se pase una pequeña flama sobre la superficie del asfalto en intervalos de tiempo preestablecidos. La temperatura a la cual se desprenden suficientes gases volatiles para producir una flama instantanea, es el punto de inflamación.

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO.- Su objetivo es determinar en cierta forma el punto de fusión de los cementos asfálticos. La prueba consiste en elaborar una pastilla de cemento asfáltico sostenida con un anillo de latón, la cual se introduce en un vaso de precipitado Pyrex con agua a 50 C, de tal manera que quede a 2.54 cm. del fondo del mencionado vaso, sobre la pastilla sumergida se coloque una esfera de acero de 9.53 mm. de diámetro y 3.45 gr. de peso, después de esto la temperatura del agua se eleva a una velocidad de 50 C/Min. La temperatura a la cual la esfera atraviesa la muestra de asfalto y ésta toca el fondo del vaso se reporta como punto de reblandecimiento. Cuando el punto sea mayor de 80 °C en lugar de agua se debe usar glicerina y la tempe

ratura inicial deberá ser de 32°C.

PRUEBA DE DUCTILIDAD.- Como su nombre lo indica el objetivo es determinar la ductilidad del asfalto, para lo cual una brigueta de dimensiones especificadas se llena con cemento asfáltico y se coloca a 25°C dentro de un baño de agua durante hora y media. Un extremo de la probeta se está re quedando firme el otro a una velocidad de 5 cm/min. hasta que el hilo de la muestra se rompe. La elongación en cm. a la cual se rompe el hilo del cemento o del residuo se designa como ductibilidad del asfalto. Los cementos asfálticos que poseen buenas características de ductilidad son normalmente más adhesivos que los que manifiestan poco esta propiedad.

PRUEBA DE SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO.- El objetivo de la prueba es medir la pureza del cemento asfáltico. La prueba consiste en disolver cerca de 2 gr. de asfalto en 100 c.c. de tetracloruro de carbono y filtrar la solución a través de una capa de asbesto colocada en un crisol de porcelana. La cantidad de material retenido en el filtro es determinada mediante el pesado y se expresa como un porcentaje de la muestra original. La porción de cemento asfáltico que es soluble representa las constituyentes cementantes activas. Los elementos no solubles pueden ser sales, carbón libre o contaminantes no orgánicos.

PRUEBA DE LA PELICULA DELGADA.- El objetivo de la prueba es sujetar una muestra de asfalto a condiciones de endurecimiento, aproximandolas a aquéllas que ocurren durante la elaboración de una mezcla asfáltica. La prueba consiste en colocar una muestra de 50 cc. de cemento asfáltico en un recipiente cilíndrico de dimensiones especificadas. Dicho recipiente se coloca en un horno giratorio a 163°C durante 5 hrs., después el cemento asfáltico es vaciado a un recipiente para la prueba de penetración. Las pruebas de penetración hechas antes y después de la prueba de la película delgada son consideradas como una medida de la resistencia del material a cambiar sus propiedades bajo condiciones de endurecimiento. La penetración final se expresa como porcentaje de la penetración inicial a la cual se le llama penetración retenida.

DESTILACION.- El objetivo de esta prueba es determinar las proporciones de disolventes y residuos de los asfaltos rebajados. La prueba consiste en colocar 200 cc. de asfalto rebajado en un matraz conectado a un refrigerante. El matraz se calienta para que los solventes se evaporen, los cuales se lícuan al pasar por el refrigerante. La cantidad de solventes obtenidos a diferentes temperaturas especificadas da una idea sobre las características de volatilización de las mismas. Después de alcanzar 360°C el material que permanece en el matraz se considera como el residuo de la destilación y se expresa en % del material original.

Para el caso de las emulsiones asfálticas la prueba tiene por objeto determinar las proporciones de agua y de residuo asfáltico. El procedimiento de prueba prácticamente es el mismo, únicamente varía la temperatura, ya que en vez de ser 360°C, es de 260°C la máxima que se aplica a la muestra.

PRUEBA DE FLOTACION EN EL RESIDUO.- Esta prueba determina también en cierta forma la consistencia de los rebajados asfálticos cuyo residuo blando para hacerles la prueba de penetración. La prueba consiste en llenar con asfalto un molde de forma y dimensiones especificadas y colocarlo en un baño de agua a 50°C, de manera que flote libremente. A medida que adquiere una mayor temperatura el tapon del material asfáltico, este se ira fluidificando hasta que es forzado hacia arriba por el agua, la cual penetra a través del molde, haciendo que este se hunda. El tiempo en segundos que transcurre entre la colocación del molde con la muestra en el baño de prueba y el momento en que el agua penetra al casquete de aluminio, es el tiempo de flotación.

## V.- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

El análisis de precios unitarios se determina mediante especificaciones, que son normas que se aplican en la construcción de obras. Estas se hacen con el conocimiento y experiencia que se tenga del tipo del terreno y lugar de construcción.

El precio unitario está integrado por lo siguiente:

	EQUIPO
DIRECTO	MATERIALES
	MANO DE OBRA
PRECIO UNITARIO	
	ADMON. CENTRAL
INDIRECTO	ADMON. DE OBRA
	FIANZAS Y SEGUROS
	IMPUESTOS
	IMPREVISTOS
	UTILIDAD

El costo de maquinaria o equipo incluye:

DEPRECIACION POR OBSOLENCIA
DEPRECIACION POR USO
INTERES DEL CAPITAL INVERTIDO
SEGUROS, IMPUESTOS Y ALMACENAJES
CONSUMOS
REPARACIONES
MANTENIMIENTO

El costo de los materiales debe incluir

PRECIO DE ADQUISICION

FLETES POR ACARREO

MANEJO

PERDIDAS

Lo anterior significa que el precio de adquisición de un material hay que sumarle la carga de la fábrica al camión que lo llevará al sitio de la obra y manejos locales dentro de la misma

El importe aproximado de una obra se conoce mediante un programa de actividades, su costo y tiempo de ejecución, conociendo se éste último mediante el volumen de obra y la tasa de producción.

Es necesario además considerar que:

1.- Ningún método conocido proporcionará costos exactos para toda condición de operación.

2.- Un buen contratista seleccionará solo la maquinaria adecuada para la construcción que planea.

3.- La maquinaria se considera como una inversión recuperable que además le proporcionará una utilidad.

4.- Una máquina que no produce más de lo que cuesta, no debe comprarse, solo alquilarse.

5.- Una máquina en operación está expuesta a descomposturas, choques, volcaduras, etc., por lo que debe haber un buen mercado de refacciones que sea posible conseguir con la rapidez necesaria.

Un análisis aproximado, es el que se presenta a continua--

ción, para el cálculo de el costo indirecto más la utilidad y así integrar el precio unitario.

ADMINISTRACION DE OBRA	10	%
FIANZAS Y SEGUROS	2	%
ADMON. OFICINAS CENTRALES	5	%
IMPREVISTOS	3	%
IMPUESTOS	10	%
UTILIDAD	15	%

En el cálculo de P. U. se considerará el costo indirecto un 45 % del costo directo para el P. U.



**ANALISIS DE COSTOS  
CONSTRUCCION CARRETERAS  
T. ESCRITO**

Máquina: TRACTOR CATERPILLAR      Calculo: A. R. B.  
 Modelo: D - 8K      Revisó: \_\_\_\_\_  
 Datos Adic.: RIPPER      Fecha: SEPT. 1983.

**DATOS GENERALES**

Precio de adquisición: \$ 37'000,000.00      Fecha cotización: Septiembre 1983.  
 Equipo adicional: 2'800,000.00      Vida económica (Ve) 6 años  
 Valor inicial (Va): \$ 39'800,000.00      Horas por año (Ha): 2,000 hr/año  
 Valor rescate (Vr): % = \$ 2'200,000.00      Motor: DIESEL 312 de 300 HP  
 Tasa interés (i): 20 %      Factor de operación 0.6  
 Prima de seguros (s): 2 %      Potencia operación: 240 HP op.  
 Coeficiente almacenaje (K): 0.01  
 Factor mantenimiento (Q): 1.00

**I.- CARGOS FIJOS**

a- Depreciación:  $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{39'800,000.00 - 2'200,000.00}{6} = \$ 2,212.50$   
 b- Inversión:  $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{39'800,000.00 + 2'200,000.00}{4,000} \times 0.50 = 4,056.25$   
 c- Seguros:  $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{39'800,000.00 + 2'200,000.00}{4,000} \times .02 = 324.50$   
 d- Almacenaje:  $A = K D = 0.01 \times 2,212.50 = 22.12$   
 e- Mantenimiento:  $M = Q D = 1.00 \times 2,212.50 = 2,212.50$   
**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA** \$ 8,827.87

**II.- CONSUMOS**

a) Combustible:  $E = e Pc$   
 Diesel  $E = 0.20 \times 240$  HP op. = \$ 12.17 /lit. = \$ 584.16  
 Gasolina  $E = 0.24 \times$  HP op. = \$ \_\_\_\_\_ /lit. = \_\_\_\_\_  
 b) Otras fuentes de energía \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_  
 c) Lubricantes:  $L = a Pc$   
 Capacidad cárter:  $C = 45$  litros  
 Cambios de aceite:  $t = 100$  horas  
 $a = C/t = \frac{0.0035 \times 240}{100}$  HP op. = 1.29 h/hr. = 129.00  
 $L = 1.29 \times 100 = 129$  /lit. = \_\_\_\_\_  
 d) Llantas:  $Ll = \frac{Vll}{Hv}$  (valor llantas) / (vida económica)  
 Vida económica:  $Hv = 2,000$  horas  
 $Ll = \frac{587.33}{2,000} = 0.293665$  horas = 587.33  
**SUMA CONSUMOS POR HORA** \$ 1,296.49

**III.- OPERACION**

Salarios: \$ \_\_\_\_\_  
 Operador: \$ 1,400.00  
 AYUDANTE: \$ 750.00  
 Sol./turno-prom.: \$ 2,150.00  
 Horas/turno-prom.: (H) 0.5 (factor rendimiento) = 6.4 horas  
 $H = 8 \text{ horas} \times 0.5 = 4 \text{ horas}$   
 Operación:  $O = \frac{2,150.00}{6.4} = 337.50$  horas  
**SUMA OPERACION** \$ 337.50

**COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)** \$ 10,461.86

**ANALISIS DE COSTOS  
CONSTRUCCION CARRETERAS  
T. ESCRITO**

Máquina: TRACTOR KOMATSU      Cálculo: A. B. S.  
 Modelo: D - 85 A      Revisó: \_\_\_\_\_  
 Datos Adc.: RIPPER      Fecha: SEP. 1983

**DATOS GENERALES**

Precio de adquisición: \$ 31'200,000.00      Fecha cotización: Septiembre 1983  
 Equipo adicional: 2'865,000.00  
 Valor inicial (V<sub>0</sub>): \$ 28'335,000.00      Vida económica (V<sub>e</sub>): 6 años  
 Valor rescate (V<sub>r</sub>): 10 % = \$ 2'833,500.00      Horas por año (H<sub>a</sub>): 2,000 hr/año  
 Tasa interés (i): 5.0 %      Motor: DIESEL de 300 HP  
 Prima de seguros (s): 2 %      Factor de operación: 0.8  
 Potencia operación: 240 HP op.  
 Coeficiente almacenaje (K): 0.01  
 Factor mantenimiento (Q): 1.00

**I.- CARGOS FIJOS**

a- Depreciación:  $D = \frac{V_0 - V_r}{V_e}$  =  $\frac{28'335,000.00 - 2'833,500.00}{6}$  = \$ 4,367,166.67  
 b- Inversión:  $I = \frac{V_0 + V_r}{2 H_a}$  =  $\frac{28'335,000.00 + 2'833,500.00}{2 \times 2,000}$  = \$ 7,406.00  
 c- Seguros:  $S = \frac{V_0 + V_r}{2 H_a} \times s$  =  $\frac{28'335,000.00 + 2'833,500.00}{2 \times 2,000} \times 0.02$  = 155.84  
 d- Almacenaje:  $A = K D$  =  $0.01 \times 4,367,166.67$  = 43,671.67  
 e- Mantenimiento:  $M = Q D$  =  $1.00 \times 4,367,166.67$  = 4,367,166.67  
**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA** = \$ 11,270.24

**II.- CONSUMOS**

a) Combustible:  $E = e P_c$       HP op. = \$ 13.12 /hr = \$ 314.88  
 Diesel:  $E = 0.20 \times$       HP op. = \$ \_\_\_\_\_ /hr = \_\_\_\_\_  
 Gasolina:  $E = 0.24 \times$       HP op. = \$ \_\_\_\_\_ /hr = \_\_\_\_\_  
 b) Otras fuentes de energía: \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_  
 c) Lubricantes:  $L = a P_c$   
 Capacidad cárter:  $C =$  10 litros  
 Cambios de aceite:  $t =$  100 horas  
 $e = C/t +$   $\begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$  = 1.20 HP op. = 1.20 \$/hr.  
 $L =$  1.20 \$/hr = \$ 288.00 /hr. = 129.00  
 d) Llantas:  $L_l = \frac{V_{ll}}{H_v}$  (valor llantas) / (vida económica)  
 Vida económica:  $H_v =$  60,000 horas  
 $L_l =$  \_\_\_\_\_ = 468.67  
**SUMA CONSUMOS POR HORA** = \$ 1,179.83

**III.- OPERACION**

Salarios \$  
 Operador: \$ 1,800.00  
 AYUDANTE: 260.00  
 Sol./turno-prom: \$ 2,060.00  
 Horas/turno-prom: (H)  
 $H = 8$  horas = 0.8 (factor rendimiento) = \_\_\_\_\_ horas  
 Operación =  $O = \frac{S}{H} = \frac{2,060.00}{0.8}$  = 2,575.00 horas  
**SUMA OPERACION POR HORA** = \$ 337.50

**COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD)** = \$ 5,850.24



**ANALISIS DE COSTOS  
CONSTRUCCION CARRETERAS  
T. ESCRITO**

Máquina: TRAXCAVO CATERPILLAR      Cálculo: A. R. B.  
 Modelo: 951 8614074      Revisó: \_\_\_\_\_  
 Datos Adic.: 1 3/4 Yd<sup>3</sup>      Fecha: SEPT. 1983

**DATOS GENERALES**

Precio de adquisición: \$ 18'000,000.00      Fecha cotización: Septiembre 1983  
 Equipo adicional: \_\_\_\_\_  
 Valor inicial (Vi): \$ 18'000,000.00  
 Valor rescate (Vr): \_\_\_\_\_  
 Tasa interés (i): 10 %  
 Prima de seguros (s): 2 %  
 Vida económica (Ve): 5 años  
 Horas por año (Ha): 2,000 hr/año  
 Motor: DIESEL de 95 HP  
 Factor de operación: 0.8  
 Potencia operación: 76 HP op.  
 Coeficiente almacenaje (K): 0.01  
 Factor mantenimiento (Q): 1.00

**I.- CARGOS FIJOS**

a- Depreciación:  $D = \frac{Vi - Vr}{Ve} = \frac{18'000,000.00 - 1'800,000.00}{5} = \$ 3,600.00$   
 b- Inversión:  $I = \frac{Vi + Vr}{2 Ha} = \frac{18'000,000.00 + 1'800,000.00}{4,000} = 4,725.00$   
 c- Seguros:  $S = \frac{Vi + Vr}{2 Ha} \times s = \frac{18'000,000.00 + 1'800,000.00}{4,000} \times 0.02 = 99.00$   
 d- Almacenaje:  $A = K D = 0.01 \times 3,620.00 = 36.20$   
 e- Mantenimiento:  $M = Q D = 1.00 \times 3,620.00 = 3,620.00$   
**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA** \$ 8,171.20

**II.- CONSUMOS**

a) Combustible:  $E = s P_c$   
 Diesel:  $E = 0.20 \times 76 \text{ HP op.} = \$ 15.20$  /hr.  
 Gasolina:  $E = 0.24 \times 76 \text{ HP op.} = \$ 18.24$  /hr.  
 b) Otras fuentes de energía: \_\_\_\_\_  
 c) Lubricantes:  $L = a P_c$   
 Capacidad cárter:  $C = 10$  litros  
 Cambios de aceite:  $f = 100$  horas  
 $a = C/f + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times 76 \text{ HP op.} = 0.486$  lit/hr.  
 $L = 0.486$  lit/hr. \$ 100.00 /hr. = 45.60  
 d) Liantes:  $Ll = \frac{Vll}{Hv}$  (valor lantes) / (vida económica)  
 Vida económica:  $Hv =$  \_\_\_\_\_ horas  
 $Ll =$  \_\_\_\_\_ horas  
**SUMA CONSUMOS POR HORA** \$ 200.00

**III.- OPERACION**

Salarios: \$  
 Operador: \$ 1,100.00  
 Sol./turno-prom.: \$ 600.00  
 Horas/turno-prom.: (H) 1,700.00  
 $H = 8 \text{ horas} \times 0.8 \text{ (factor rendimiento)} = 6.4 \text{ horas}$   
 $Operacion = O = \frac{S}{H} = \frac{1,700.00}{6.4} = 265.73 \text{ horas}$   
**SUMA OPERACION POR HORA** \$ 265.73

**COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)** \$ 8,366.93

**ANALISIS DE COSTOS  
CONSTRUCCION CARRETERAS  
T. ESCRITO**

Máquina: TRAXCAVO CATERPILLAR  
Modelo: 955 L  
Datos Adic.: 2 1/4 y A<sup>3</sup>

Calculo: A. R. B.  
Reviso: \_\_\_\_\_  
Fecha: SEPT. 1983

**DATOS GENERALES**

Precio de adquisición: \$ 21'000,000.00  
Equipo adicional: \_\_\_\_\_  
Valor inicial (Va): \$ 21'000,000.00  
Valor rescate (Vr): \_\_\_\_\_ % = \$ 2'100,000.00  
Tasa interes (i): \_\_\_\_\_ %  
Primo de seguros (s): 2 %

Fecha cotización: Septiembre 1983  
Vida económica (Ve): 5 años  
Horas por año (Ha): 2,000 hr/año  
Motor: DIESEL de 130 HP  
Factor de operación: 0.8  
Potencia operación: 104 HP o.p.  
Coeficiente almacenaje (K): 0.01  
Factor mantenimiento (Q): 1.00

**I.- CARGOS FIJOS**

a.- Depreciación:  $D = \frac{Va - Vr}{Ve}$  =  $\frac{21'000,000.00 - 2'100,000.00}{5}$  = \$ 1,890.00  
b.- Inversión:  $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$  =  $\frac{21'000,000.00 + 2'100,000.00}{4,000}$  = 0.50 = \$ 2,887.50  
c.- Seguros:  $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$  =  $\frac{21'000,000.00 + 2'100,000.00}{4,000}$  = 0.02 = \$ 115.50  
d.- Almacenaje:  $A = K D$  =  $0.01 \times 1,890.00$  = \$ 18.90  
e.- Mantenimiento:  $M = Q D$  =  $1.00 \times 1,890.00$  = \$ 1,890.00

**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA** \$ 6,801.90

**II.- CONSUMOS**

a) Combustible:  $E = e Pc$   
Diesel:  $E = 0.20 \times 104$  HP op. = \$ 12.17 /lt. = \$ 253.14  
Gasolina:  $E = 0.24$  HP op. = \$ \_\_\_\_\_ /lt. = \_\_\_\_\_  
b) Otras fuentes de energía: \_\_\_\_\_  
c) Lubricantes:  $L = a Pc$   
Capacidad Carter:  $C = 20$  litros  
Cambios de aceite:  $t = 100$  horas  
 $a = C/t + \left[ \begin{matrix} 0.0035 \\ 0.0030 \end{matrix} \right] \times \frac{1}{104}$  HP op. = 0.564 h/m.  
 $L = 0.564$  lt/hr. = \$ 100.00 /lt. = \$ 56.40  
d) Llantas:  $LI = \frac{Vll}{Hv}$  (valor llantas) / (vida económica)  
Vida económica:  $Hv =$  \_\_\_\_\_ horas  
 $LI =$  \_\_\_\_\_ horas

**SUMA CONSUMOS POR HORA** \$ 309.54

**III.- OPERACION**

Salarios: \$ 1,100.00  
Operador: \$ 600.00  
AYUDANTE \_\_\_\_\_  
Sal/turno-prom: \$ 1,700.00  
Horas/turno-prom: (H) 0.3 (factor rendimiento) = 6.4 horas  
Operación =  $0 = \frac{S}{H} = \frac{1,700.00}{6.4}$  horas

**SUMA OPERACION "OP" POR HORA** \$ 265.73

**COSTO DIRECTO HORA- MAQUINA (H M D)** \$ 7,377.17

**ANALISIS DE COSTOS  
CONSTRUCCION CARRETERAS  
T. ESCRITO**

Máquina: CAMION PIPA  
Modelo: F - 600  
Datos Adic.: 8,000 Lts.

Calculo: A. R. B.  
Revisó:  
Fecha:

**DATOS GENERALES**

Precio de adquisición: \$ 2'100,000.00  
Equipo adicional:  
Llantas: 70,000.00  
Valor inicial (Va): 2'030,000.00  
Valor rescate (Vr): 10 % = 203,000.00  
Tasa interes (i): 50 %  
Prima de seguros (s): 2 %

Fecha colocación: Septiembre 1933  
Vida económica (Ve): 5 años  
Horas por año (Ha): 2,000 hr/año  
Motor: GASOLINA de 150 HP  
Factor de operación: 0.80  
Potencia operación: 120 HP op.  
Coeficiente almacenaje (K): 0.01  
Factor mantenimiento (Q): 1.00

**I.- CARGOS FIJOS**

a- Depreciación:  $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2'030,000.00 - 203,000.00}{5} = \$ 382.70$   
b- Inversión:  $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{2'030,000.00 + 203,000.00}{4,000} = 279.13$   
c- Seguros:  $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times 0.02 = \frac{2'030,000.00 + 203,000.00}{4,000} \times 0.02 = 11.16$   
d- Almacenaje:  $A = K D = 382.70 \times 0.01 = 3.83$   
e- Mantenimiento:  $M = Q D = 382.70 \times 1.00 = 382.70$

**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA** \$ 699.52

**II.- CONSUMOS**

a) Combustible: E = a Pc  
Diesel: E = 0.20 = 1.00 HP op. = \$ 201.32 /hr = \$ 601.00  
Gasolina: E = 0.24 = 1.20 HP op. = \$ 201.32 /hr = 601.00

b) Otras fuentes de energía \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

c) Lubricantes: L = a Pa

Capacidad cárter: C = 10 litros  
Cambios de aceite: t = 100 horas  
 $a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} = \frac{10}{100} = 0.10$  HP op. = 11.16 hr/hr.  
 $L = 0.10 \times 11.16 = 1.116$  /hr. = \$ 4.00

d) Llantas:  $LI = \frac{Vll}{Hv}$  (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 51.41 horas  
 $LI = \frac{70,000.00}{51.41} = 1,361.60$  horas

**SUMA CONSUMOS POR HORA** \$ 672.35

**III.- OPERACION**

Salarios: S  
Operador: \$ 1,100.00  
Sol./turno-prom: \$ 1,100.00  
Horas/turno-prom.: (H)  
H = 8 horas = 0.4 (factor rendimiento) = 3.4 horas  
Operación = O =  $\frac{S}{H} = \frac{1,100}{3.4} = 323.53$  horas

**SUMA OPERACION POR HORA** \$ 171.87

**COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)** \$ 1,504.74



**ANALISIS DE COSTOS  
CONSTRUCCION CARRETERAS  
T. ESCRITO**

Máquina: VIBRACOMPACTADOR  
Modelo: VAP - 70  
Datos Adic.: \_\_\_\_\_

Calculo: A. R. B.  
Reviso: \_\_\_\_\_  
Fecha: AGOSTO 1993

**DATOS GENERALES**

Precio de adquisición: \$ 10'875,500.00  
Equipo adicional: 70,000.00  
Valor inicial (Va): \$ 10'805,500.00  
Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 1'080,550.00  
Tasa interes (i): 50 %  
Prima de seguros (s): 2 %

Fecha cotización: Septiembre 1993  
Vida económica (Ve): 6 años  
Horas por año (Ha): 1,200 hr/año  
Motor: DIESEL de 127 HP  
Factor de operación: 0.8  
Potencia operación: 101.6 HP op.  
Coeficiente almacenaje (K): 0.01  
Factor mantenimiento (Q): 1.00

**I.- CARGOS FIJOS**

a- Depreciación:  $D = \frac{Va - Vr}{Ve}$  =  $\frac{10'805,500.00 - 1'080,550.00}{6}$  = \$ 1,578.25  
b- Inversión:  $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$  =  $\frac{10'805,500.00 + 1'080,550.00}{2 \times 1,200}$  = \$ 4,747.92  
c- Seguros:  $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times s$  =  $\frac{10'805,500.00 + 1'080,550.00}{2 \times 1,200} \times .02$  = \$ 99.91  
d- Almacenaje:  $A = K D$  =  $0.01 \times 1,578.25$  = \$ 15.78  
e- Mantenimiento:  $M = Q D$  =  $1.00 \times 1,578.25$  = \$ 1,578.25

**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA** \$ 2,274.22

**II.- CONSUMOS**

a) Combustible:  $E = s Pc$   
Diesel:  $E = 0.20 \times 101.6 \text{ HP op.} \times 12.12$  /lt = \$ 247.30  
Gasolina:  $E = 0.24 \times \text{HP op.} \times S$  /lt = \_\_\_\_\_  
b) Otras fuentes de energía \_\_\_\_\_  
c) Lubricantes:  $L = a Pc$   
Capacidad Carter:  $C = \frac{16}{100}$  litros  
Cambio de aceite:  $t = \frac{100}{101.6}$  horas  
 $a = C/t + 0.0030$  =  $\frac{0.16}{101.6} + 0.0030$  =  $0.0045$  HP op. = 0.0045 lt/hr.  
 $L = 0.0045 \times 101.6$  lt/hr. = \$ 457.00 /lt.  
d) Llantas:  $Ll = \frac{Vll}{Hv}$  (valor llantas) / (vida económica)  
Vida económica:  $Hv = 6300$  horas  
 $Ll = \frac{3000}{6300}$  = \$ 26.30

**SUMA CONSUMOS POR HORA** \$ 325.35

**III.- OPERACION**

Salarios: \$ 1,100.00  
Operador: \$ 1,100.00  
Sol/turno-prom: \$ 1,100.00  
Horas/turno-prom: (H) 0.8 (factor rendimiento) = 3.1 horas  
Operación:  $O = \frac{S}{H}$  =  $\frac{1,100.00}{0.8}$  = \$ 1,375.00 horas

**SUMA OPERACION POR HORA** \$ 171.97

**COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD)** \$ 4,331.45







**ANALISIS DE COSTOS  
CONSTRUCCION CARRETERAS  
T. ESCRITO**

Máquina: PAVIMENTADORA      Cálculo: A. R. B.  
 Modelo: \_\_\_\_\_      Revisó: \_\_\_\_\_  
 Datos Adic.: \_\_\_\_\_      Fecha: \_\_\_\_\_

**DATOS GENERALES**

Precio de adquisición: \$ 7,490,000.00      Fecha cotización: Septiembre 1983  
 Equipo adicional: \$ 90,000.00      Vida económica (Ve): 5 años  
 Llantas: \$ 7,400,000.00      Horas por año (Ha): 1,200 h/año  
 Motor: DIESEL de 52 HP  
 Valor inicial (Vi): \$ 7,400,000.00      Factor de operación: 0.8  
 Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 740,000.00      Potencia operación: 42 HP op.  
 Tasa interés (i): 50 %      Coeficiente almacenaje (K): 0.01  
 Prima de seguros (s): 2 %      Factor mantenimiento (Q): 1.00

**I. CARGOS FIJOS**

a) Depreciación:  $D = \frac{V_o - V_r}{V_o} = \frac{7,400,000 - 740,000}{7,400,000} = 0.9$       \$ 1,100.00  
 b) Inversión:  $I = \frac{V_o + V_r}{2 Ha} = \frac{7,400,000 + 740,000}{2,400} = 3,166.67$       \$ 1,695.83  
 c) Seguros:  $S = \frac{V_o + V_r}{2 Ha} \times 0.02 = \frac{7,400,000 + 740,000}{2,400} \times 0.02 = 67.83$       \$ 67.83  
 d) Almacenaje:  $A = K D = 0.01 \times 1,100.00 = 11.00$       \$ 11.00  
 e) Mantenimiento:  $M = Q D = 1.00 \times 1,100.00 = 1,100.00$       \$ 1,100.00  
**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA**      \$ 3,974.66

**II. CONSUMOS**

a) Combustible:  $E = s Pc$       Diesel:  $E = 0.20 \times 42 \text{ HP op.} \times 12.17 = 102.23$       \$ 102.23  
 Gasolina:  $E = 0.24 \times \text{HP op.} \times \text{costo}$   
 b) Otras fuentes de energía \_\_\_\_\_  
 c) Lubricantes:  $L = a Pc$   
 Capacidad cárter:  $C = 20$  litros  
 Cambios de aceite:  $t = 100$  horas  
 $a = C/t = \frac{20}{100} = 0.2$        $0.0035 \times 42 \text{ HP op.} = 0.347$  h/w.  
 $L = 0.347 \text{ lit/hr} \times 100.00 = 34.70$       \$ 34.70  
 d) Llantas:  $Ll = \frac{Vll}{Hv}$  (valor llantas)  
 Vida económica:  $Hv = \frac{2,000}{90,000} = 0.0222$  horas  
 $Ll = \frac{7,400,000}{2,000} = 3,700$       \$ 45.00  
**SUMA CONSUMOS POR HORA**      \$ 181.93

**III. OPERACION**

Salarios: \$  
 Operador: \$ 1,300.00  
 Sal./turno-prom.: \$ 1,300.00  
 Horas/turno-prom.: (H)  
 $H = S \text{ horas} \times 0.8 \text{ (factor rendimiento)} = 6.4 \text{ horas}$   
 $\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{1,300}{6.4} = 203.125$       \$ 385.00  
**SUMA OPERACION POR HORA**      \$ 385.00

**COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H)**      \$ 4,541.59

**ANALISIS DE COSTOS  
CONSTRUCCION CARRETERAS  
T. ESCRITO**

Máquina: COMPRESOR      Cálculo: A. R. B.  
 Modelo: CHICAGO PNEVMATIC      Revisó: \_\_\_\_\_  
 Datos Adic.: 600 P. C. M.      Fecha: JULIO 1983

**DATOS GENERALES**

Precio de adquisición: \$ 5'013.000,00      Fecha cotización: Julio 1983  
 Equipo adicional: 4 Llantas      23,140.00  
 Valor inicial (Vi): \$ 4'989,860,00      Vida económica (Ve): 5 años  
 Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 498,986,00      Horas por año (Ha): 2,000 hr/año  
 Tasa Interés (i): 50 %      Motor: DIESEL de 190 HP  
 Prima de seguros (s): 2 %      Factor de operación: 0.8  
 Potencia operación: 152 HP op.  
 Coeficiente almacenaje (K): 0.01  
 Factor mantenimiento (Q): 1.00

**I.- CARGOS FIJOS**

a- Depreciación:  $D = \frac{Vi - Vr}{Ve}$  :  $\frac{4'989,860,00 - 498,986,00}{5}$  : \$ 449,08  
 b- Inversión:  $I = \frac{Vi + Vr}{2 Ha}$  :  $\frac{4'989,860,00 + 498,986,00}{2 \times 2,000}$  : \$ 666.11  
 c- Seguros:  $S = \frac{Vi + Vr}{2 Ha}$  :  $\frac{4'989,860,00 + 498,986,00}{2 \times 2,000}$  : \$ 27.44  
 d- Almacenaje:  $A = K D$  :  $0.01 \times 449.08$  : \$ 4.49  
 e- Mantenimiento:  $M = Q D$  :  $1.00 \times 449.08$  : \$ 449.08  
**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA** : \$ 1,616.20

**II.- CONSUMOS**

a) Combustible:  $E = e P_c$   
 Diesel:  $E = 0.20$  :  $152$  HP. op. : \$ 12.17 /hr. : \$ 369.97  
 Gasolina:  $E = 0.24$  : \_\_\_\_\_ HP. op. : \$ \_\_\_\_\_ /hr. : \$ \_\_\_\_\_  
 b) Otras fuentes de energía: \_\_\_\_\_ : \$ \_\_\_\_\_  
 c) Lubricantes:  $L = e P_o$   
 Capacidad Carter:  $C = \frac{V}{100}$  litros : 6  
 Cambios de aceite:  $1 = \frac{C}{100}$  horas : 100  
 $e = C/1 + 0.0035$  :  $0.0035$  :  $152$  HP. op. : 0.182 H/hr.  
 $L = 0.182$  H/hr. : \$ 100.00 /hr. : \$ 59.20  
 d) Llantas:  $Ll = \frac{Vll}{Hv}$  (valor llantas) / (vida económica)  
 Vida económica:  $Hv = 3660$  horas  
 $Ll = \frac{23,140}{3,660}$  : \$ 6.32  
**SUMA CONSUMOS POR HORA** : \$ 435.49

**III.- OPERACION**

Salario: \$  
 Operador: \$ 1,100.00  
 Sal./turno-prom.: \$ 1,100.00  
 Horas/turno-prom.: (H)  
 $H = 8$  horas :  $0.8$  (factor rendimiento) :  $6.4$  horas  
 Operación =  $O = \frac{S}{H}$  : \$ 1,100.00 /horas  
**SUMA OPERACION POR HORA** : \$ 171.76

**COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)** : \$ 2,223.45

## a).- Desmante Tractor D-8K

Costo horario = \$ 10,461.86

Distancia promedio = 45 m.

Rendimiento teórico 600 M<sup>3</sup>/h.

Factor de operación, operador bueno, F O = 0.75

Eficiencia en el trabajo, se considera una eficiencia de -  
50 minutos /hora F T. = 0.84

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento real} &= RT \times FO \times FT \\ &= 600 \times 0.75 \times 0.84 \\ &= 378 \text{ M}^3/\text{h.} \end{aligned}$$

15 cm. de espesor = 2,520 M<sup>2</sup>/h.

$$\text{C.D.} = \frac{10,461.86 \text{ \$/h}}{2,520 \text{ M}^2/\text{h.}} = 4.15 \text{ \$/M}^2$$

$$\begin{aligned} \text{P. U.} &= \text{C. D.} + \text{C. I.} = \text{C. D.} + 0.45 (\text{CD}) \\ &= \$ 6.02/\text{M}^2 \end{aligned}$$

## b).- Despalme tractor D-85A Komatsu

Costo horario = \$ 9,840.74

Distancia = 45 M.

Rendimiento teórico 650 M<sup>3</sup>/h.

Factor de operación, operador bueno F O. = 0.75

Eficiencia en el trabajo 60 min/h. F T. = 0.84

Despalme en material tipo B, F. M = 0.80

$$\begin{aligned}\text{Rendimiento real} &= RT \times FO \times FT \times FM \\ &= 650 \times 0.75 \times 0.84 \times 0.80 \\ &= 327.6 \text{ M}^3/\text{h}.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Corte de despalme} &= 0.200 \text{ M} \\ &= 1,638 \text{ M}^2/\text{h}.\end{aligned}$$

$$C.D = \frac{9,840.74 \$/\text{h}}{1,638.00 \text{ M}^2/\text{h}} = 6.01 \text{ \$/M}^2$$

$$P. U. = 1.45 (6.01) = 8.71 \text{ \$/M}^2$$

c).- Despalme tractor D-85A Komatsu en material tipo tipo A o -  
suelto.

$$\text{Costo horario} = \$ 9,840.74$$

$$\text{Distancia promedio} = 45 \text{ M}.$$

$$\text{Rendimiento teórico} 650 \text{ M}^3/\text{h}.$$

$$\text{Factor de operación, operador bueno } FO = 0.75$$

$$\text{Factor de eficiencia } 50 \text{ min/h } FT = 0.84$$

$$\text{Material tipo suelto } FM = 1.20$$

$$\begin{aligned}\text{Rendimiento real} &= 650 \times 0.75 \times 0.84 \times 1.20 \\ &= 491.4 \text{ M}^3/\text{h}.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Corte de despalme} &= 0.20 \text{ M} \\ &= 2,457 \text{ M}^2/\text{h}.\end{aligned}$$

$$C. D. = \frac{9,840.74 \text{ \$/h}}{2,457 \text{ M}^2/\text{h}} = 4.01 \text{ \$/M}^2$$

$$P. U. = 1.45 (4.01) = 5.80 \text{ \$/M}^2$$

d).- Excavación material "B" tractor Caterpillar Mod. D-8K

$$\text{Costo horario} = \$ 10,461.86$$

$$\text{Distancia promedio} = 45 \text{ M}.$$

Rendimiento teórico 600 M<sup>3</sup>/h.

Factor de operación, operador bueno, FO = 0.75

Factor de eficiencia en el trabajo, se considera una eficiencia 50 min/h. FT = 0.84

Material tipo "B" o difícil de extraer, FM = 0.80

Rendimiento real = RT X FO X FT X FM

$$= 600 \times 0.75 \times 0.84 \times 0.80$$

$$= 302.4 \text{ M}^3/\text{h.}$$

$$\text{C. D.} = \frac{10,461.86 \text{ \$/h.}}{302.4 \text{ M}^3/\text{h.}} = 34.60 \text{ \$/M}^3$$

$$\text{P. U.} = 1.45 (34.60) = 50.16 \text{ \$/M}^3$$

e).- Excavación material "A" Tractor Caterpillar D-8K

Costo horario = \$10,461.86

Distancia promedio = 45 M.

Rendimiento teórico 600 M<sup>3</sup>/h.

Factor de operación, operador bueno FO = 0.75

Factor de eficiencia 50 min/h. FT = 0.84

Material tipo suelto FM = 1.20

Rendimiento real = 600 X 0.75 X 0.84 X 1.20

$$= 453.6 \text{ M}^3/\text{h.}$$

$$\text{C. D.} = \frac{10,461.86 \text{ \$/h.}}{453.6 \text{ M}^3/\text{h.}} = 23.06 \text{ \$/M}^3$$

$$\text{P. U.} = 1.45 (23.06) = 33.44 \text{ \$/M}^3$$

f).- Acarreos, incluye carga y acarreo en el 1er. Km.

CARGA.

Cargador CAT 955 L, bote de 2 y d<sup>3</sup>

Costo horario = \$ 7,377.17

Carga de arcillas y gravas húmedas en una distancia adicional de 75 mts., 150 ida y vuelta en 2a. velocidad.

#### CALCULO DEL CICLO.

Tiempo de carga (arcilla y grava mojada)	0.07 min.
Tiempo de maniobras	0.22 min.
Tiempo de tránsito (en gráfica) 0.6 min. vuelta y 0.8 min. de ida.	1.40 min.
Tiempo de descarga a volteos.	0.07 min.
Duración del ciclo =	1.76 min.
No. ciclos por hora = $\frac{60 \text{ minutos}}{1.76} \times 0.8$ (eficiencia del recorrido) = 27.3 ciclos/hora.	

#### CAPACIDAD DEL CUCHARON.

Factor de llenado 95 %  
Abundamiento 40 %

$$C = \frac{1.53 \text{ M}^3 \times 0.95}{1.40} = 1.04 \text{ M}^3/\text{ciclo}$$

$$\text{Producción} = 27.3 \text{ ciclos/h} \times 1.04 \text{ M}^3/\text{ciclo} = 28.39 \text{ M}^3/\text{h.}$$

$$\text{Carga} = \frac{7,377.17 \text{ \$/h.}}{28.39 \text{ M}^3/\text{h.}} = 259.85 \text{ \$/M}^3$$

#### ACARREO.

Camión volteo F-600, capacidad 6 M<sup>3</sup>.

Costo horario = \$ 1,707.11 en el 1er. Km.

Tiempo de carga 6.9 min.



	78
Tránsito 1.5 min. ida y vuelta	2.5 min.
Maniobras	2.0 min.
Descarga	0.8 min.
Duración del ciclo =	12.2 min.

$$\text{No. ciclos por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{12.2} = 4.92$$

$$\text{Producción horario} = \frac{4.92 \text{ ciclos/hora} \times 6 \text{ M}^3/\text{ciclo}}{1.4} = 21.08$$

$$\text{Acarreo} = \frac{1,707.11 \text{ \$/h}}{21.08 \text{ M}^3/\text{h}} = 80.98 \text{ \$/M}^3$$

$$\text{C. D.} = 259.85 + 80.98 = 340.83 \text{ \$/M}^3$$

$$\text{P. U.} = 1.45 (340.83) = 494.20 \text{ \$/M}^3$$

Incluye acarreo en el 1er. Km.

g)... Sobrecarreo, P. U. Kilometro subsecuente al 1er. Km.

$$\text{Tránsito} = 2.5 \text{ Km/min.}$$

$$\text{Duración del ciclo} = 2.5/\text{min.}$$

$$\text{No. ciclos-Km/hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{2.5} = 24$$

$$\text{Producción horario} = \frac{24 \text{ ciclo-Km/hora} \times 6 \text{ M}^3/\text{ciclo}}{1.4}$$

$$= 102.85 \text{ M}^3\text{-Km/h. (medido en banco)}$$

$$\text{Sobrecarreo} = \frac{1,707.11 \text{ \$/h.}}{102.85 \text{ M}^3\text{-Km/h.}} = 16.60 \text{ \$/M}^3\text{-Km.}$$

$$\text{C. D.} = 16.60 \text{ \$/M}^3\text{-Km.}$$

$$\text{P. U.} = 16.60 (1.45) = 24.07 \text{ \$/M}^3\text{-Km.}$$

Para acarreo subsecuente al 1er Km.

h).- Mezclado ó, tendido y compactación, del material para formar la sub-base en capas de 20 cms. para formar terraplenes.

Costo horario de Motoconformadora = \$ 6,983.56/h

Tamaño de la cuchilla = 3.65 m.

Coefficiente de inclinación = 300

Ancho efectivo = 3.65 X 0.8 = 2,92 m.

Número de pasadas para extender una capa de 20 cm. (26 cm de material suelto) = 6.0

Velocidad promedio de la máquina = 5.0 Km/h.

Rendimiento del tendido  $\frac{5000 \text{ m/h} \times 2.92 \text{ m} \times 0.26 \text{ m}}{6} = \dots$

632.67 M<sup>3</sup>/h.

Costo del tendido del material =  $\frac{6,983.56 \text{ \$/h}}{632.67 \text{ M}^3/\text{h}} = \$11.04/\text{M}^3$

#### INCORPORACION DEL AGUA:

Costo horario del camión pipa = \$ 1,504.74/h

Ancho de la descarga = 3.0 m.

Agua necesaria para compactación = 100 Lt/M<sup>3</sup>

Consumo de agua por ml. recorrido,

100 Lt/M<sup>3</sup> X 0.25 M<sup>3</sup>/m X 3.0 m. de ancho = 78 Lt/ml.

Recorrido del camión para descargar  $\frac{8,000 \text{ Lt.}}{78 \text{ Lt/MI.}} = 102.56 \text{ MI.}$

#### TIEMPO DE VACIADO SI EL CAMION VIAJA A 1 KM/H.:

Llenado y vaciado del camión, incluye acarreo a 1 Km.

Tiempo de llenado 4 Lt/seg. =  $\frac{8,000 \text{ Lt.}}{240 \text{ Lt/Min.}} = 33.3 \text{ min.}$

Tiempo de vaciado

6.4 min.

Recorrido ida y vuelta a 1 Km. y acomodado	7.0 min.
	<hr/>
	46.7 min.

COSTO DEL AGUA /M<sup>3</sup>:

$$1,504.74 \text{ \$/M}^3 \times \frac{0.778 \text{ h}}{8 \text{ M}^3} = \$ 146.34/\text{M}^3$$

Si se incorpora 100 Lt. de agua en un M<sup>3</sup> de material compactado.

$$\text{Costo del agua } \$ 146.34/\text{M}^3 \times 0.100 \text{ M}^3/\text{M}^3$$

$$\text{Costo del agua} = 14.63/\text{M}^3$$

COMPACTACION CON RODILLO VIBRATORIO LISO:

Costo horario del compactador = \$ 4,331.45

Ancho del rodillo 2.14 m.

Velocidad de paso 2.00 Km/h.

No. de pasadas para alcanzar 95 % proctor 8

Volumen compactado por hora

$$\frac{2.14 \text{ m.} \times 2.000 \text{ m/h} \times 0.26 \text{ m.}}{8 \times 1.3} = 107 \text{ M}^3/\text{h}$$

$$\text{Costo compactación por M}^3 \frac{4,331.45 \text{ \$/h}}{107 \text{ M}^3/\text{h}} = 40.48 \text{ \$/M}^3$$

PRECIO UNITARIO DE MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACION:

Mezclado y tendido = 11.04 \$ / M<sup>3</sup>

Incorporación de agua = 14.63 \$ / M<sup>3</sup>

Compactación = 40.48 \$ / M<sup>3</sup>

---


$$66.15 \text{ \$ / M}^3$$

Costo directo = 66.15 \$ / M<sup>3</sup>  
Indirecto = 0.45 (66.15)  
P. U. = \$ 95.92 / M<sup>3</sup>

Incluye incorporación de agua, conformación y compactación del terreno en capas de 0.20 M.

CAPITULO VI

EJEMPLO DE APLICACION .

<u>C O N C E P T O</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P. U.</u>	<u>TOTAL</u>
<u>PAVIMENTOS:</u>				
Extracción de los materiales en material "A"	5,870.00	M <sup>3</sup>		
Extracción de los materiales en material "B"	3,914.00	M <sup>3</sup>		
<u>TERRACERIAS:</u>				
Deamonte:				
Montes de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales.	5.90	Ha		
Desapalme desperdiciando el material de cortes en material "A"	5,920.00	M <sup>3</sup>		
Desapalme desperdiciando el material de cortes en material "B"	5,921.00	M <sup>3</sup>		
<u>EXCAVACIONES:</u>				
En rebajes de la corona de cortes y/o de terraplanes en material "B"	23,801.00	M <sup>3</sup>		
<u>PRESTAMOS:</u>				
Excavaciones de préstamos en material "B"	7,315.00	M <sup>3</sup>		

<u>C O N C E P T O</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P. U.</u>	<u>TOTAL</u>
<u>ACARREOS PARA TERRACERIAS:</u>				
Sobreacarreos de materiales producto de las excavaciones de cortes adicionales abajo de la sub-rasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje de terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos de banco, derrumbes, y agua empleada en compactaciones primer kilómetro.	75,627.00	M <sup>3</sup>	10 Km.	
Sobreacarreos de materiales producto de las excavaciones de cortes adicionales abajo de la sub-rasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje de terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos de banco, derrumbes y agua empleada en compactaciones kilómetros subsiguientes.	919,197.00	M <sup>3</sup>	Km. Sub.	

<u>C O N C E P T O</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P. U.</u>	<u>TOTAL</u>
<u>MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACION:</u>				
Del material para formar la sub-base en los cortes en que se haya ordenado excavación adicional, para noventa y cinco por ciento ( 95 % ).	2,645.00	M <sup>3</sup>		
Del material previamente acamellonado procedente de la escarificación de la superficie de rodamiento existente para la formación de sub-base para noventa por ciento ( 90 % ).	12,150.00	M <sup>3</sup>		



Sin un conocimiento de los costos y sin un control inteligente de los mismos, muy pocos negocios pueden sobrevivir. Esto es particularmente cierto en la industria de la construcción.

Un contratista puede ser un excelente constructor, pero -- a no ser que conozca sus costos de construcción, nunca podrá so sobrevivir a la vigorosa competencia de la industria.

Un contratista que descubra después de haber terminado un proyecto que ha perdido dinero, no podrá alzar el precio de la siguiente obra, en especial si sus pérdidas fueron tan grandes como para no poder financiar el siguiente proyecto.

Sus errores pueden deberse a una o varias razones tales -- como:

- 1.- Presupuesto bajo.
- 2.- Conocimiento insuficiente de las condiciones de la obra, o especificaciones de construcción.
- 3.- Aumento de los costos de materiales y/o mano de obra.
- 4.- Condiciones adversas de clima.
- 5.- Mala selección de los equipos de construcción.
- 6.- Administración y supervisión insuficiente.

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

INGENIERIA DE CARRETERAS, CALLES, VIADUCTOS Y PASOS A DESNIVEL

HEWES Y OGLESBY.

CAUDAL E IDENTIFICACION DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS.

S. A. H. O. P.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION, PARTES SEGUNDA, --

TERCERA, CUARTA, OCTAVA Y NOVENA.

S. A. H. O. P.

APUNTES DE PRECIOS UNITARIOS.

FACULTAD DE INGENIERIA.

U. N. A. M.

APUNTES DE LA MATERIA CONSTRUCCION PESADA.

ING. FEDERICO IBARRA MUÑOZ.

RENDIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA, COPIAS DE TABLAS Y GRAFICAS.

CATERPILLAR.