

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE GRADO

PRESENTADO POR EL EX-ALUMNO

ROBERTO E. KOICHEVSKI LITINSKI

PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

PROMOCION

1954

LIMA - PERU

1956

PROYECTO DE CAMINOS PARA EL AÑO 1954.

Este Proyecto consta de cinco grandes capítulos :

- a) Trazo definitivo (En el plano al 2.000)
- b) Construcción y drenaje del camino.
- c) Diseño y construcción del pavimento y otras obras accesorias.
- d) Diseño y construcción de un puente y
- c) Estudio económico, análisis de precios y presupuestos.

a) Trazo definitivo.- Se hará el trazo definitivo en los Planos a Escala 1 : 2.000 en la siguiente forma:

Los alumnos del N°. 1 al N°. 10 trabajarán sobre el Plano N°. 7 uniendo con trazo definitivo los puntos allí marcados, como sigue:

El alumno N°. 1 hará el trazo de 1 a 2.

N°. 2 " " 2 a 1.

N°. 3 " " 3 a 4.

N°. 4 " " 4 a 3.

y así sucesivamente.

Los alumnos del N°. 11 al 20 trabajarán en el Plano N°. 8 uniendo con trazo definitivo los puntos allí marcados, como sigue:

El alumno N°. 11 hará el trazo de 11 a 12.

El alumno N°. 12 hará el trazo de 12 a 11.

N°. 13 " " 13 a 14.

N°. 14 " " 14 a 13.

En la misma forma procederán los alumnos del 21 al 30 que trabajarán sobre el Plano N°. 9, los alumnos del N°. 31 al 40 trabajarán sobre el Plano N°. 10, los alumnos del N°. 41 al 50 en el Plano N°. 11 y los alumnos del N°. 51 al 60 en el Plano N°. 12.

Harán el trazado definitivo completo, con perfil longitudinal, secciones transversales, metrado y presupuesto, sólo del primer kilómetro a partir del punto de iniciación del trazo, Los otros kilómetros deberán ser también trazados en plano y se obtendrá perfil longitudinal de este trazo, pero como no se van a sacar todas las secciones, se ubicará sólo una rasante preliminar no siendo tampoco necesario poner las cotas del terreno ni de la rasante en el perfil. Sólo se requiere que se ponga el trazo en la última línea inferior del perfil.

Para hacer el estudio definitivo del Kilómetro que le corresponde a cada alumno, se deberá de tener en cuenta lo siguiente:

1°.- Que se trata de una Carretera de primera clase y con una densidad de tránsito de 500 camiones y 300 automóviles diarios.

2°.- Que deberán seguirse las "Normas para Estudios de Carreteras" aprobadas por la Dirección de Caminos de Ministerio de Fomento y que según la topografía que se encuentre se adoptarán las características para topografía Plana, ondulada o accidentada.

3°.- Para el establecimiento de las obras de drenaje se supondrá que en la Zona las máximas precipitaciones pluviométricas en un día llegan a los 30 mm.

4°.- Las dimensiones y cargas máximas de los vehículos que circulan por la carretera, serán las siguientes:

Carga Tipo H - 15	S-12
Longitud total	15 m.
Ancho total	2.40
Altura Total	4.20

Los alumnos deberán de informarse en el Comercio los camiones que más se aproximan a estas condiciones, y, según los datos que obtengan, calcularán su capacidad de ascenso y la distribución de la carga.

5°.- La clasificación que se adopte para el terreno será la siguiente:

Para los alumnos del N°. 1 al N°. 10 - Plano N°. 7.

Para los primeros 400 m. Materiales sueltos.

Para los 300 m. siguientes Rocas blandas.

Para los últimos 300 m. 90% rocas blandas y 10% de materiales sueltos.

Para los alumnos del N°. 11 al N°. 20 - Plano N°. 8.

Para los primeros 200 m. Rocas blandas.

Para los 600 m. siguientes materiales sueltos.

Para los últimos 200 m. 40% rocas blandas y 60% rocas duras.

Para los alumnos del N°. 21 al N°. 30 - Plano N°. 9.

Para los primeros 300 m. Rocas blandas.

Para los 300 m. siguientes - Materiales sueltos.

Para los 400 m. finales 50% rocas duras y 50% rocas blandas.

Para los alumnos del N°. 31 al 40 - Plano N°. 10.

Para los 400 m. primeros, rocas blandas.

Para los 400 m. Siguiendo 50% materiales sueltos y 50% rocas blandas.

Para los 200 m. restantes materiales sueltos.

Para los alumnos del N°. 41 al N°. 50 - Plano N°. 11.

Para los 500 primeros metros 70% rocas blandas y 30% materiales sueltos.

Para los 200 m. siguientes 100% rocas duras.

Para los 300 m. restantes 30% rocas blandas, 10% rocas duras y 60% materiales sueltos.

6°.- Al hacer el estudio deberá tenerse en cuenta que si bien trata de construir una carretera del primer orden, no debe descuidarse el factor económico ya que debe haber cierto balance entre la bondad de las características y el costo de la obra. Este balance llevará en muchos casos a estudios comparativas de costos en algunas soluciones parciales y en la Memoria se deberá de fundamentar cada una de las soluciones adoptadas, tanto para la construcción del camino o mismo, como del pavimento, el puente y otras obras.

b). Construcción y drenaje.- Para el planeamiento de la construcción se deberá hacer un estudio de la compensación longitudi

nal mediante el Diagrama de las Masas, en el Kilómetro de que se trata, calculándose las distancias medias de transporte y la distribución de los volúmenes. Se fundamentará la elección de la línea de balance adoptada.

Una vez calculada la curva de las masas se elegirá el equipo que se estime necesario comprar para la construcción de la carretera, suponiéndose que se dispone de fondos para adquirir todas las máquinas que sean necesarias. Se recomendarán, marcas, modelos y tipos de equipo, justificando en cada caso la recomendación y adjuntándose como parte del Proyecto, los catálogos de los Fabricantes de las máquinas recomendadas.

Elegidas las máquinas, se proyectará su coordinación en el trabajo y se darán los lineamientos generales para planeamiento de la construcción. Se calcularán los rendimientos tomando 0.60 como "factor de eficiencia".

Considerando los jornales medios que se pagan en los trabajos en la zona de Lima, se calcularán los costos de operación de cada una de las máquinas, así como el costo del movimiento del metro cúbico para cada una de las clases de materiales que se dan en el acápite 5°.

En las zonas donde se encuentre roca, se seleccionará la maquinaria especializada y se planeará la carga y ejecución de los tiros, calculándose la cantidad de explosivos que se empleará en el trabajo.

Se describirá la construcción de un relleno y de la subrasante siguiéndose los sistemas modernos indicados por la

Mecánica de Suelos y el equipo especializado que se requiere.

Para el sistema de drenaje, se considerará tanto el drenaje superficial como el subdrenaje, proyectándose, además del drenaje del camino mismo, el drenaje de las zonas adyacentes, que por la topografía del terreno puedan considerarse necesarias. Siendo la zona lluviosa se deberá considerar algún sistema de control de erosión. Se darán planos y detalles de una alcantarilla metálica o de conc. de 1 m. de luz.

c). Pavimentos y obras accesorias.- Dado que la Carretera es de primera clase y debiendo soportar un tránsito pesado, se diseñara un pavimento de tipo superior, ya sea asfáltico o de concreto, discutiéndose el espesor del diseño y fundamentando la adopción de tal o cual tipo de pavimento.

Se supondrá que las canteras de las cuales se va a sacar el material granular para el afirmado y el asfaltado están ubicadas a 3 Km. de la estaca 50 del Kilómetro trazado. La cantera es de roca compacta. Se indicará el equipo necesario para la explotación de la cantera, así como su coordinación. Se darán algunas graduaciones recomendables para el afirmado y asfaltado.

Se darán detalles de todas las etapas de la construcción del afirmado y de la superficie de rodadura y se indicará el equipo especializado que se requiere para su ejecución. Se planeará su coordinación y se darán las marcas y modelos recomendados.

Para el diseño, se considerará el tipo de suelo dado en la clasificación del kilómetro, asimilándolo a la clasifica-

ción de suelos del Bureau of Public Roads de los EE. UU.

Se harán diseños de secciones transversales tipos, a escala 1:50, para los casos de cortes, de media ladera y de relleno completo, dándose el detalle del afirmado y del pavimento.

Se proyectará la señalización, parapetos y demás obras accesorias del camino.

d). Estudio económico, análisis de precios, presupuestos y especificaciones.- Según lo expuesto en el acápite "Construcción y drenaje" se deberá de hacer un análisis del costo unitario para las distintas máquinas que se usarán en la construcción del camino. Esto mismo deberá de hacerse con las máquinas usadas en la construcción del pavimento.

Se harán análisis de precios de las distintas etapas de la construcción del camino y del pavimento.

Conociéndose los precios unitarios y teniéndose a la mano los metrados respectivos, se formularán los presupuestos para cada clase de obra, y se formulará el presupuesto general del trabajo.

#### MEMORIA Y JUEGO DE PLANOS.

La memoria deberá de comenzarse con una copia de las presentes especificaciones, indicándose el número de orden que corresponda al alumno. Se hará una relación detallada de las curvas horizontales trazadas en el kilómetro, de las de transición de las verticales y los cálculos de visibilidad que corresponden.



Contendrá la relación detallada de cada una de las obras a ejecutarse y la discusión y fundamentación de las soluciones adoptadas según lo expuesto en el párrafo 6°. del acápite "Trazo definitivo".

Además, tratándose de un estudio específico, no se aceptará Proyectos con copia de Normas, especificaciones o capítulos de textos existentes. El alumno debe de estudiar y analizar su problema particular.

Se presentarán como mínimo los siguientes planos:

- 1.- Plano del trazo definitivo a Escala 1:2,000.
- 2.- Perfil longitudinal del eje proyectado entre los dos extremos del trazo. Sólo se calculará el kilómetro que le corresponda, según el acápite b). Las escalas serán 1:2.000 horizontal y 1:200 vertical.
- 3.- Pliego de secciones transversales del kilómetro respectivo a Escala 1:200.
- 4.- Diseños de secciones transversales a Escala 1:50 según lo indicado en el acápite c/. pavimento.
- 5.- Diseños de las obras y estructuras de drenaje (alcantarillas, drenes, etc... tanto superficial como subterráneo).
- 6.- Planos pedidos en el acápite d). Puente.

# C A P I T U L O I

## G E N E R A L I D A D E S

### RED DE COMUNICACIONES

El sistema de vías de comunicaciones de un país, tiene que estar concebido con una visión de conjunto para que pueda cumplir su fin fundamental, que es el de servir a sus necesidades económicas y estratégicas y pueda contribuir con eficiencia al desarrollo de su industria, agricultura, recursos naturales y tantos otros beneficios de orden social y cultura, que representan para una región el tener sus vías de comunicación convenientemente planeadas.

Cada tipo de transporte : Carretera, ferrocarril, agua o aire debe estar planeado en coordinación con los demás para así evitar duplicidad de servicios, lo cual representa una pérdida para la economía . Corresponde a la red de carreteras y ferrocarril, la tarea de servir el mayor volumen de tráfico, y su coordinación es fundamental.

Actualmente se tiende a imponer a ambos medios de transporte un aumento de capacidad, para poder satisfacer la creciente demanda del mercado y lograr una reducción en el costo de la unidad de tráfico.

La red de carreteras de un país debe formar un conjunto el cual debe estar constituido por: El conjunto de carreteras de interés nacional o carreteras troncales, con suficiente capacidad de tráfico y diseñadas para una velocidad comercial. Este sistema unirá los puntos principales de la nación con sus puertas y fronteras. Un segundo grupo denominado : Carreteras ramales.

Es de todo punto necesario que el conjunto esté armónicamente concebido, pues en esa forma cada uno de sus elementos han sido tomados en cuenta con la importancia que va a tener dentro del conjunto y cumplirá suficientemente dentro de la mayor economía, las funciones para las que ha sido proyectado.

El sistema de vías ramales cumple una función trascendental, como es la de incorporar a la economía de la nación todas sus posibilidades y hacer llegar a todas las regiones, aún las mas apartadas, los medios y elementos necesarios para la explotación de sus riquezas.

A primera vista pareciera que siendo estos ramales tan importantes, sus características debieran ser de primer orden. Pero un estudio del problema y una visión del conjunto nos indica que las características de cada uno de sus elementos sean solo las necesarias y suficientes para que resulte un sistema planeado con verdadero criterio económico. Estadísticas americanas prueban que el 80% de tráfico del país, se soporta por las carreteras principales, cuya longitud alcanza solamente el 10% del total de la red.

De aquí se deduce que las características de éstas, como son velocidad de cálculo, pendientes, anchos, firmes, etc. necesariamente tienen que ser totalmente distintas de las que han de tener las carreteras de segundo orden o ramales; ya que si no se procedería con un criterio ilógico y antieconómico. En un sistema de carreteras proyectado con una visión nacional deben existir todas las soluciones; desde aquellas a costo elevado, que en realidad adaptadas a carreteras donde el tráfico lo exija son las más económicas, hasta carreteras de tierra estabilizada, con las máximas pendientes y los mínimos radios posibles. El sentido de ponderación de la importancia en la elección de las soluciones es fundamental.

## TRAZO DE UN CAMINO

Reconocimiento general: Disponer mapas de la región por enlazar, es disponer de una ayuda invaluable que permite visualizar la dirección general de la ruta en estudio. Esa ayuda es más o menos valiosa según el tipo y exactitud de los planos y la cantidad de detalles que en ellos se encuentren.

Cuando no se dispone de planos de ninguna especie, es sumamente útil el lograr conjuntos de parejas de fotografías aéreas para estudiarlas con pequeños estereoscopios, y en esa forma darse una idea de la topografía de la región y especialmente de los desniveles y de la dirección general y posición de los cursos de agua. Luego de cuidadosa observación de las fotografías, se pueden trazar en ellas varias líneas correspondientes a diversas zonas para estudio.

Antes de comprender ningún trabajo topográfico en las zonas por estudiar, conviene hacer un recorrido general de ellas a fin de tomar datos barométricos y de posición así como también geología y tipos de suelos en general, los cuales datos, complementarán los obtenidos de las fotografías y en muchos casos permitirán de una vez, eliminar algunas de las zonas de estudio, reduciéndose, en esa forma, el número de las que habrá que reconsiderar en el campo.

Con las líneas trazadas en las fotografías aéreas y los datos posteriormente obtenidos, se pueden elaborar buenos croquis que serán la guía de trabajo de campo. En este croquis debe indicarse con especial cuidado, los puntos principales que guían el alineamiento y por los cuales, éste debe incuestionablemente pasar.

Tales puntos son los llamados de control y son de índoles diversas.

Son controles :

a) Caseríos a cuyos lados interesa pasar.

b) Sitios de puente y en especial cuando tales sitios son marcadamente obligados.

c) Las abras cuando hay que vencer una cumbre para pasar a la otra falda del cerro.

d) Las zonas de terreno firme en las regiones pantanosas.

e) Las crestas o filas secas en las pampas anegadizas.

f) Los sitios en que se puede construirse con facilidad pasos superiores o inferiores para cruzar una vía férrea.

g) Canteras y o depósitos de grava que se desee queden cerca de la vía a fin de poder emplearse para la construcción

Este primer trabajo de campo puede muchas veces eliminarse, ya que las zonas por estudiar sean apenas una o dos y bien claras y definidas, ya porque se disponga un buen mapa detallado y con curvas de nivel. Cuando se tiene a mano buenos planos con curvas de nivel, el trabajo se facilita mucho y se hacen innecesarias las fotografías aéreas y muchos de los reconocimientos preliminares en el campo.

Las curvas de nivel son particularmente útiles en las zonas montañosas, ya que al dar idea de la pendiente general de las laldas, muestran cuales son las mejores entre éstas para llevar el trazado. En la zonas de terrenos ondulados, señalan las hoyas, la dirección general de las crestas y cursos de agua y facilitan además el trabajo para lograr una localización que permita un balance económico de tierras. En la zonas planas y altas, es decir no anegadizas, las curvas de nivel si no ayudan materialmente al trazado, pues el problema de las elevaciones nada tiene en que afectar al de posición; pero en las zonas inundables, sobretodo en regiones muy an-

plias, las curvas de nivel representan una enorme ayuda para lograr un trazado correcto, ya que permiten señalar las crestas, filas y zonas secas, que la más de las veces son controles, que, de no disponer de las curvas de nivel, sería preciso determinar por minuciosas exploraciones en el campo.

Los planos con curvas de nivel son, pues, por lo general, enormemente útiles para estudiar el trazado de una carretera y en el caso de zonas montañosas, permiten hacer tanteos con líneas de diversas pendientes.

En nuestro caso particular solo dispondremos de planos con curvas de nivel para verificar nuestro proyecto y todos los datos relativos al terreno se obtendrán exclusivamente de estos planos.

# C A P I T U L O I

## TRAZO DEFINITIVO

### CARACTERISTICAS TECNICA DE LA VIA.

Se han fijado a base de las Normas Peruanas para el estudio de carreteras.

Se trata la via en estudio de una carretera de 1<sup>a</sup> clase, de doble via en topografía accidentada, de acuerdo a lo cual las características técnicas son las siguientes

Velocidad directriz	45 Km-h.
Carga tipo	H 15-S 12
Superficie de rodadura	6.00 m.
Bermas	0.50 m.
Bombeo	2 ‰
Cunetas	
ancho	0.50
profundidad	0.30
Radio mínimo.	56 m.
Peralte máximo	8 ‰
Pendiente máxima	4.8 ‰
Pendiente media máx.	3.4 ‰

### DESCRIPCION DEL TRAZO.

#### 1) LINEA DE GRADIENTE.-

El trazo de la linea de gradiente ha ejecutado en el plano 1:2000, debiendo unirse los puntos: 1, de cota 3780 y 2, de cota 3790, Del análisis del plano se observa que las curvas de nivel están espaciadas 2 metros entre sí.

El trazo de la línea de gradiente se hace con un compás, en la abertura del cual queda, a escala del plano, la longitud correspondiente para una determinada pendiente, magnitud que se obtiene en la siguiente forma.

$$L = \frac{\text{Distancia entre curvas de nivel.}}{\text{Pendiente expresada en centésimos.}}$$

Con esta abertura de compás se procede a cortar las curvas de nivel, obteniendo así puntos sucesivos, en curvas separadas entre sí por dos metros, los cuales tienen entre sí una pendiente igual a aquella que representa la abertura del compás.-

Luego de esta breve exposición del método procederé a indicar la forma en que ha progresado la Línea de Gradiente.- haciendo la indicación de que consideraré el Norte ubicado en la parte superior del plano.

Saliendo del punto 1 se presenta una formación geológica a la cual denominaré La Pera, hasta cuya esquina S.O se llega con una pendiente de + 3.4 %, punto a partir del cual se continúa con - 3.4 % hasta un punto situado sobre las laderas paralelas al curso del río grande, sobre las cuales continua el avance con una pendiente de + 2 % en un tramo de 200 m, para luego seguir con - 1.3 % hasta cerca del río Grande y al Oeste del Paso Dos Picos, el cual se pasa con una tangente hasta el río Rojo, punto a partir del cual se continúa con una pendiente de + 3 % hasta la ladera Oeste del Farallón, luego de haber contorneado el Mirador; se prosigue en dirección S.E por la ladera del Farallón y con - 1.5 % durante 270 m., a partir de los cuales y con - 3.4 % se dá vuelta a su extremidad Sur, para comenzar luego a ascender por la ladera E, con +1.7 % durante 240 m. luego de los cuales, y con + 3.4 % se recorre la distancia que separa al Farallon



y a la Cuchilla, por la vertiente Oeste de la cual se continúa con - 2.1 ‰ hasta voltear hacia el Norte, pasada la extremidad inferior de ella. A continuación, y con † 3.4 ‰ se llega a la parte superior de La Quebrada Angosta, zona por la cual se ha pasado con † 2.3 ‰ hasta desembocar a La Explanada, por la cual se ha seguido con -3.4 ‰ en un tramo y con † 3.4 ‰ en otro hasta llegar al punto 2. La longitud total de la Línea de Gradiente es de 5082 m.

## 2.- TRAZO DEFINITIVO.

Una vez trazada la línea de gradiente se procede a trazar las tangentes, las cuales forman la poligonal, que se convierte en el trazo definitivo luego de algunas modificaciones.

El trazo de las tangentes se ha ceñido a la línea de gradiente (puntos de la línea de gradiente a uno y otro lado de las tangentes) hasta el punto próximo al río Grande, a partir del cual se aleja de la Línea de Gradiente, ya que el seguirla hubiera significado un corte de 3.5 m de altura en promedio, con una longitud de 200 Metros, además de que por la posición de la curva y contracurva (esta última para contornear el Mirador) llegaríamos con esta última a un punto muy bajo a la altura del Mirador, lo cual repercutiría luego en un alargamiento del trazo entre este punto y el punto 2. Es cierto que con el alineamiento recto asumido aumentamos en 260 metros la longitud del camino entre el punto próximo al río Grande y el Mirador, pero esta diferencia de longitud se reduce luego a 60 Metros con el alargamiento que se produce en el camino entre los Dos Picos, y el punto final del trazo debido a lo bajo que quedará el final de la contracurva, diferencia que queda compensada al evitar el corte antes indicado.

A partir del Farallón el trazo de las tangentes se asemeja a la Línea

de Gradiente, con la diferencia de que pasa a mayor altura que ella, hasta llegar a la ladera Este de la Cuchilla, punto a partir del cual y hasta el final del trazo, con pequeñas variaciones en cota si guen casi confundiendo.

La longitud total del trazo es de 4.789 Km, con un total de 18 curvas horizontales, dando por consiguiente un promedio de 3.8 curvas por Km. De estas 18 curvas, 4 tienen radio excepcional de 35 m., con el objeto de ceñirse en lo posible al terreno, para evitar cortes excesivos, los cuales se producirían de asumirse radios mayores, 1 tiene un radio menor del mínimo, 52 m., 5 tienen el radio mínimo y el resto, radio mayor del mínimo.

La pendiente máxima es de 2.5 % y la mínima 0.5 %.

Atraviesa 1 curso de agua principal y 10 secundarios.

Se ha procedido a determinar las cotas de las estacas que cada veinte metros hay en el Trazo definitivo.

ESTUDIO DETALLADO DEL  
PRIMER KILOMETRO  
TRAZADO EN PLANTA.

Curvas Horizontales.-

Los alineamientos rectos se unen por medio de curvas horizontales, pa ra trazar las cuales hay que considerar Las Normas Peruanas que dicen:

Para carretera de 1<sup>a</sup> Clase en topografía accidentada, la velocidad directriz será de 45 Km-h, con la cual obtenemos el radio mínimo por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{v^2}{128 (P + f)}$$

$$\text{siendo } f = \frac{1}{1.4 \cdot 3 \cdot v}$$

lo cual dá como Radio Mínimo 56 m.

En el acápite 2.01.02 de las Normas se indica que excepcionalmente puede reducirse la velocidad en un 20%, obteniéndose una velocidad directriz de 36 Km-h y un Radio Excepcional de 35 m. Además para la ubicación de las curvas horizontales dentro de la poligonal, hay que tener presente: 1) respetar las tangentes mínimas que deben quedar entre curvas y contra-curvas, longitud esta igual a la de las rampas de peralte de las respectivas curvas, o sea para el presente proyecto 48 m, y 2) La longitud mínima de tangente deberá ser la requerida por la visibilidad de frenado, que para  $V = 45$  Km-h es de 52 metros.

#### Cálculo de las curvas horizontales.-

$$T = R \operatorname{tg} 0.5 I$$

$$LC = \frac{3.14 R \cdot I}{180}$$

#### Curva N° 1.

$$I = 73^{\circ}23'$$

$$R = 35 \text{ m.}$$

$$T = 0.74525 \times 35 = 26.08 \text{ m.}$$

$$LC = 1.28078 \times 35 = 44.83 \text{ m.}$$

$$TC = 8 + 15.92$$

$$CT = 14 + 0.75$$

#### Curva N° 2.

$$I = 81^{\circ}52'$$

$$R = 35 \text{ m.}$$

$$T = 0.86725 \times 35 = 30.35 \text{ m.}$$

$$LC = 1.42884 \times 35 = 50.01 \text{ m.}$$

$$TC = 20 + 11.65$$

$$CT = 26 + 1.66$$

### Curva N° 3.

$$I = 122^{\circ}40'$$

$$R = 35 \text{ m.}$$

$$T = 1.8290 \times 35 = 64.02 \text{ m.}$$

$$LC = 2.1250 \times 35 = 74.90 \text{ m.}$$

$$TC = 36 + 14.98$$

$$CT = 44 + 9.88$$

### Curva N° 4.

$$I = 64^{\circ}16'$$

$$R = 57 \text{ m.}$$

$$T = 0.62811 \times 57 = 35.80 \text{ m.}$$

$$LC = 1.12167 \times 57 = 63.94 \text{ m.}$$

$$TC = 64 + 3.70$$

$$CT = 70 + 7.64$$

### Curva N° 5.

$$I = 50^{\circ}12'$$

$$R = 84 \text{ m.}$$

$$T = 0.46843 \times 84 = 39.35 \text{ m.}$$

$$LC = 0.87616 \times 84 = 73.60 \text{ m.}$$

$$TC = 80 + 17.25$$

$$CT = 88 + 10.85$$

### Curvas de Transición.-

Según el Ingeniero J. Barneí, las curvas de transición de longitudes menores de 40 Mts. no es necesario emplearlas en la práctica, dejando la curva circular sin transición.

La fórmula a emplear es la siguiente:

$$L_t = \frac{V^3}{CR}$$

En la cual el valor de "V" es el de la velocidad, ya sea 45 Km-h o 36 Km-h; R es el radio de la curva, y "c" un coeficiente que vale:

28 para  $V \geq 100$  Km-h

46 para V entre 100 Km-h y 60 Km-h

70 para  $V \leq 60$  Km-h

aplicando la fórmula tendremos.

#### Caso 1.

$$L_t = \frac{45^3}{70 \times 84} = 15.50 \text{ m.}$$

#### Caso 2.

$$L_t = \frac{36^3}{70 \times 35} = 19.10$$

Longitudes ambas menores de 40 Metros, motivo por el cual no se usará curvas de transición en este proyecto.

### Peralte en las curvas.-

En el acápite 2.08.02 de las N.P de C se indica que en las carreteras de 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> clase se mantendrá el peralte en 8% hasta el radio de 340m disminuyendo en 0.5% para cada 20 m. hasta radio de 580 m, teniendo las curvas de mayor radio 2% de peralte.

Como en el presente proyecto no existen curvas con radio que llegue a los 340 m., el peralte para todas ellas será de 8% constante en to

da la curva.

$$p = 0.08 \times 6 = 0.48 \text{ mts.}$$

El giro del peralte se ejecutará en el presente proyecto, sobre el eje de la calzada, debiendose por lo tanto compartir a cada lado el peralte calculado.

Transición del peralte.- La longitud de la rampa de peralte será de 50 a 100 veces el peralte mismo. Según esta consideración, e indicando que para el presente proyecto se ha tomado 50 veces el peralte tendremos.

$$L.r.p = 50 \times 0.08 \times 6 = 24 \text{ m.}$$

Inicio y término de la rampa de peralte.

Curva N° 1

$$8 \pm 15.92 -$$

$$2 \pm 4.00$$

---

$$6 \pm 11.92$$

$$14 \pm 0.75 \pm$$

$$2 \pm 4.00$$

---

$$16 \pm 4.75$$

Curva N° 2

$$20 \pm 11.65 -$$

$$2 \pm 4.00$$

---

$$18 \pm 7.65$$

$$26 \pm 1.66 \pm$$

$$2 \pm 4.00$$

---

$$28 \pm 5.66$$

Curva N° 3

$$36 \pm 14.98 -$$

$$2 \pm 4.00$$

---

$$34 \pm 10.98$$

$$44 \pm 9.88 \pm$$

$$2 \pm 4.00$$

---

$$46 \pm 13.88$$

Curva N° 4.

64 + 3.70 -

2 + 4.00

---

60 + 19.70

70 + 7.64 +

2 + 4.00

---

72 + 11.64

Curva N° 5.

80 + 17.25 -

2 + 4.00

---

78 + 13.25

88 + 10.85 +

2 + 4.00

---

90 + 14.85

Sobreancho. Es el ensanche que se pone en las curvas, ya que los vehículos en estas ocupan mayor espacio que en los alineamientos rectos.

Según el acápite 2.07.04 de las N.P.de C., el sobreancho en las carreteras de la Clase se dará por medias partes en los lados exterior e interior de las curvas; además, según el acápite 2.07.06, en las curvas horizontales sin transición, el sobreancho morirá linealmente sobre las tangentes, en la longitud fijada para la transición del peralte.

El sobreancho se calcula a base de la siguiente fórmula.

$$S = n (R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10 \sqrt{R}}$$

Dado que se trata de carretera de la Clase en topografía accidentada y con carga H15 - S12 el valor de L es de 6 metros, además, el valor de N será de 2 (dos vías).

Cálculo de los sobreanchos.

Dado que las tres primeras curvas tienen el mismo radio, los sobreanchos respectivos será iguales.

Curvas N° 1, N° 2, N° 3.-

Teniendo

$$R = 35 \text{ m.} \quad V = 36 \text{ Km-h}$$

$$L = 6 \text{ m.} \quad N = 2$$

$$S = 2(35 - \sqrt{1225 - 36}) + \frac{36}{10 \times 5.91} = 1.60 \text{ m.}$$

Curva N° 4.-

Teniendo

$$R = 57 \text{ m.} \quad V = 45 \text{ Km-h}$$

$$L = 6 \text{ m.} \quad N = 2$$

$$S = 2(57 - \sqrt{3249 - 36}) + \frac{45}{10 \times 7.55} = 1.00 \text{ m.}$$

Curva N° 5.-

Teniendo

$$R = 84 \text{ m.} \quad V = 45 \text{ Km-h}$$

$$L = 6 \text{ m.} \quad N = 2 \text{ m.}$$

$$S = 2(84 - \sqrt{7056 - 36}) + \frac{45}{10 \times 9.16} = 0.90 \text{ m.}$$

Visibilidad.-

Existen tres consideraciones de visibilidad según sea el tipo de ella.

Visibilidad de frenado.- acápite 2.11.02 de las N.P.deC.- distancia mínima necesaria para detener el vehículo cuando marcha a determinada velocidad, debiendo proveerse de esta visibilidad a lo largo de todo el camino.-

De acuerdo a la tabla que figura en la N.P.de C. y según el gráfico N°6 editado por el Ministerio de Fomento se obtiene.

$$D_f = 52 \text{ m. para } V = 45 \text{ Km-h.}$$

$$D_f = 38 \text{ m. para } V = 36 \text{ Km-h.}$$



siendo satisfecha a todo lo largo del camino.

Visibilidad de paso.- necesaria para que un vehículo pase a otro que viaja en la misma dirección y a 15 Km. menos que la velocidad directriz, viniendo otro vehículo en sentido contrario.- Deberá preverse de esta distancia de visibilidad en tramos de longitud no mayor de 5 Km.

De acuerdo a la talla que figura en la N.P.deC.

$$D_p = 170 \text{ m.}$$

Existiendo en el presente proyecto diversos tramos en tangente que cumplen con esta condición.

Distancia doble de visibilidad.- para que dos conductores de habilidad media, con 1.30 m. de altura visual eviten el choque.

Según la table antes referida.

$$D_d = 86 \text{ m.}$$

distancia que así mismo es satisfecha en varios tramos del presente proyecto.

Curva N° 1. en la pte. no es necesario el cálculo de visibilidad, ya que el conductor domina el terreno hasta la próxima curva.

Curvas N° 2 y N° 3.

Del gráfico N° 6 con  $V = 36 \text{ Km-h}$  y  $R = 35 \text{ m.}$

$$D_f = 38 \text{ m.}$$

del cual obtendremos así mismo el valor de  $\underline{M}$ , que nos dá la distancia que en la curva debe haber entre el eje de ella y el talud del corte, medido esto a 1.30 m. sobre el nivel de la calzada.

$$m = 4.87 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho de la } \frac{\text{via}}{2} + \text{bermas} + \text{cunetas} + \frac{\text{Sobre ancho}}{1} = 4.85 \text{ m}$$

cia horizontal hasta el talud del corte, medida a 1.3 m de altura 1.30

Distancia Total 6.15 4.87 - no se necesita baqueta.

Curva N° 4 .-

con V 45 Km-h

R 57m.

obtengo Df. 52m.

y m 5.83m.

Distancia Total 468 5.83 - En la estaca 66 se ha puesto banqueta de visibilidad.

Curva N° 5 .-

con V 45Km-h

R 84 m.

obtengo Df. 52 m.

y m 3.93 m.

Distancia Total 4.38 3.93 - No se necesita banqueta de visibilidad.

A continuación, el cuadro correspondiente a CURVAS HORIZONTALES

CURVAS HORIZONTALES

Estaca	I	R	P.I	T.C	C.T	Peralte	Sobre Ancho
8						0.08	0.29
10						0.24	0.85
12	73°23'	35.00m	12÷2.00	8÷15.92	14÷0.75	0.24	0.85
14						0.24	0.85
16						0.05	0.17
20						0.12	0.44
22						0.24	0.85
24	81°52'	35.00m	24÷2.00	20÷11.65	26÷1.66	0.24	0.85
26						0.24	0.85
28						0.06	0.21
36						0.09	0.32
38						0.24	0.85
40						0.24	0.85
42	122°40'	35.00m	42÷19.00	36÷14.98	44÷9.88	0.24	0.85
44						0.24	0.85
46						0.14	0.49
64						0.20	0.47
66						0.24	0.55
68	66°16'	57.00m	66÷19.50	64÷3.70	70÷7.64	0.24	0.55
70						0.24	0.55
72						0.12	0.27
80						0.07	0.07
82						0.24	0.25
84						0.24	0.25
86	50°12'	84.00m	84÷16.60	80÷17.25	88÷10.85	0.24	0.25
88						0.24	0.25
90						0.15	0.15

## TRAZADO EN PERFIL.

En el trazado en perfil se trata de obtener, de acuerdo a las características del terreno, una vía económica y cómoda, evitando en lo posible los continuos cambios de pendiente, sobre todo si las diferencias algebraicas de pendientes dan valores muy elevados, así como las pendientes excesivas, las cuales disminuyen el rendimiento del motor.

Las Normas Peruanas para Carreteras fijan los límites de las pendientes de acuerdo a las características del terreno, teniendo para el presente proyecto los siguientes límites.

Pendiente máxima 4.8%

Pendiente mínima 0.5%

En el trazado en perfil además habrá que considerar el acápite 2.12.08 que indica que la longitud mínima para los cambios de pendiente será de 200 m., debiendo añadirse que así mismo que según 2.12.02; los tramos con pendiente máxima no deberán exceder de 800 mts., ya que una mayor longitud representaría un gran esfuerzo que se demandaría al motor.

En el presente proyecto se han hecho continuos cambios de pendiente, lo cual ha sido necesario dada la pequeña diferencia de nivel que existe entre los puntos por unir, ya que tener tramos de gran longitud con una determinada pendiente, representaría ya sea subir o bajar demasiado, alejándonos demasiado de la cota a la que debemos mantenernos; los tramos largos de uniforme pendiente solo se justifican en el presente proyecto cuando se trate de ceñirse al terreno para con ello evitar excesivos cortes o rellenos.

Curvas verticales.- se dispone la colocación de curvas verticales en los cambios de pendiente con dos objetos.

- Suavizar el paso de ascenso a descenso o viceversa.
- Dar visibilidad a los conductores.

Hay dos tipos de curvas verticales:

**Cóncavas.-** cuando están ubicadas en los vértices entrantes de la rasante.

**Convexas.-** ubicadas en los vértices salientes de la rasante.

Dadas las pendientes tan suaves con que cuenta el presente proyecto, y dado que si aplicáramos el acápite 2.11.10 que recomienda en lo posible las curvas de 80 m,. tendríamos superposición de cura vertical con horizontal, he adoptado poner todas las curvas verticales de longitud

$$L = 40 \text{ m.}$$

**Curva N° 1.-**

Convexa.

Estaca del vértice: 30

Estacas extremas: 28 y 32

$$i = 1.6\%$$

Asumiendo  $L = 40 \text{ m.}$

$$\text{Corección del vértice} = \frac{Li}{800} = \frac{40 \times 1.6}{800} = 0.08 \text{ mts.}$$

**Curva N° 2.-**

Cónvexa.

Estaca del vértice: 50

Estacas extremas: 48 y 52.

$$i = 1.8\%$$

Asumiendo  $L = 40 \text{ m.}$

$$\text{Corrección del vértice} = \frac{Li}{800} = \frac{40 \times 1.8}{800} = 0.09 \text{ m.}$$

### Curva N° 3.-

Cóncava

Estaca del vértice: 76

Estacas extremas : 74 y 78

$i = 1.85\%$

Asumiendo  $L = 40$  m.

Corrección del vértice =  $\frac{Li}{800} = \frac{40 \times 1.85}{800} = 0.09$  m.

### SECCION TRANSVERSAL.

#### Derecho de vía.-

2.05.01 - Para las carreteras de 1ª clase, la faja de dominio para la vía y sus obras complementarias será de 10 m. a cada lado del eje.

Además, a cada lado del derecho de vía de establecerá una faja de 3m, para las obras de drenaje y de seguridad.(acápite 2.05.04)

2.05.03 - En caso de que el ancho de 10 m. de derecho de vía no fuera suficiente dada la amplitud de cortes o rellenos, se ampliará el derecho de vía hasta 3 m. más allá del borde de los cortes o el pié de los Terraplenes.-

Para el presente proyecto se aplicará el acápite 2.05.03, dado que los taludes de corte y relleno en los primeros 400 m. y los de relleno en el resto del camino, en muchos tramos exceden al derecho de vía según acápite 2.05.01; además se tendrá presente el acápite 2.05.04

Ancho de las Explanaciones.- que es el ancho total de las obras de tierra a construir será, para carretera de 1ª Clase en Topografía accidentada.

Caso de Corte : 8.00 m.

Caso de Relleno : 7.00 m.

Caso de media ladera : 7.50 m.

VOLUMEN DE TRAFICO-500 Camiones 300 autos- Superficie de rodadura.-

Superficie que resistirá directamente el Tráfico, y que será de 6.00 Mts. Está compuesta de materiales bituminosos o de concreto que le dan compacidad y resistencia.

Bombeo de la superficie de rodadura.- se toma a partir del eje del camino con una inclinación hacia las bermas de 2%. Se hace con el objeto de que el agua procedente de las precipitaciones pluviales se deslize hacia los bordes.

Bermas.- Para las condiciones de este proyecto, serán de 0.50 m., ubicadas a cada lado del camino, y se les pone con el objeto de proteger los bordes del pavimento de su destrucción al contenerlo lateralmente; se les construye con firmes de resistencia inferior a los del camino, sirviendo para futuros ensanches y para permitir el estacionamiento de vehículos, de manera que estando estacionados no ocupen una vía de tránsito completa.

Cunetas.- Son canales longitudinales que tienen por objeto recolectar el agua que cae a ellas del pavimento o debido a la inclinación transversal a causa del bombeo.

Deben tener desagüe en puntos adecuados y los más próximos posibles, para evitar la excesiva acumulación de agua.

Se colocan de las bermas hacia afuera en los cortes; al pie de los rellenos con el objeto de evitar la destrucción de la base y en la parte superior de los cortes, cuando estos están practicados en material erosionable.

El tipo de sección utilizado en el Perú es la triangular revistiendo la si se ha excavado en material erosionable, siendo sus dimensiones para zona de sierra de:

ancho            0.50 m.

profundidad 0.30 m.

Taludes.- Al ejecutarse los cortes o rellenos, el terreno tiende a buscar su ángulo de reposo, el cual constituye el talud que presentará la sección transversal, de acuerdo a la naturaleza del material del que se trate.

De acuerdo a la naturaleza del terreno, fijada para el presente proyecto y según las Normas Peruanas para Carreteras tendremos.

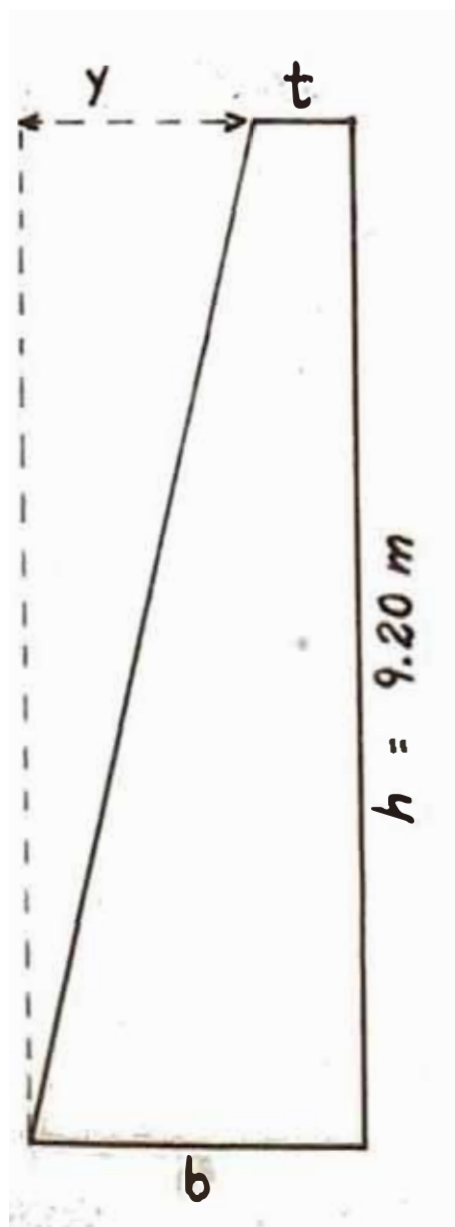
Tipo de Terreno.	Corte.		Relleno.	
	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical.
Material suelto	1	1	1.5	1
Roca	1	10	1	1

Sección transversal típica.-

De lo anteriormente expuesto e indicando que en próximo capítulo se tratará en detalle de los otros elementos que la forman, la sección transversal típica es la que se muestra en la figura.

VER PLANO N° 5

Muro de Sostenimiento.-



Se construyen con el objeto de formar una pared que sostenga el relleno, cuando el talud del material es demasiado tendido y la altura es muy grande, evitándose con ello el transporte de un gran volumen de material.



## ELEVACION.-

Tomaremos la sgte. relación.

$$\frac{Y}{b} = 0.75$$

$$x = 0 \quad b$$

Con estos dos valores vamos al gráfico que figura en las copias del curso de puentes editadas por el Ingeniero J. Quiroga obteniendo:

$$G = 0.92$$

$$\frac{b}{h} = 0.32$$

Dado que existe una sobrecarga, se deberá multiplicar el valor de  $\frac{b}{h}$  ya determinado, por

$$\sqrt{1 + \frac{3h'}{h}}$$

Vamos en seguida a determinar el valor de  $h'$

Carga tipo H15-S12

Peso del tren tipo = 27 ton. de 2000 lbs.

$$P.t = 27 \times 906$$

Area ocupada por el vehículo tipo.

$$A = (4.27 + 9.15 + 9.15) 3.05 = 69 \text{ m}^2$$

La sobrecarga que represente el vehículo convertida en altura de material de relleno será

$$h' = \frac{27 \times 906}{1600 \times 69} = 0.22 \text{ m.}$$

Como el reglamento fija un mínimo de

$h' = 0.61 \text{ m.}$  consideraremos este valor por ser mayor al obtenido.

Por consiguiente

$$\sqrt{1 + \frac{3h'}{h}} = \sqrt{1 + \frac{3 \times 0.61}{9.20}} = 1.095$$

Valor que multiplicado por la relación  $\frac{b}{h}$  anteriormente determinada da

$$\frac{b}{h} = 0.35$$

De lo cual se infiere que

$$b = 0.35 h = 3.20 \text{ m.}$$

$$\text{y } t = 0.25 b = 0.80 \text{ m.}$$

Peso propio de la elevación del muro.-

$$\left( \frac{0.80 + 3.20}{2} \right) 9.20 \times 2.300 = 42320 \text{ Kg.}$$

Empuje de las tierras.

Siendo el terreno de relleno material suelto

$$w = 1600 \text{ Kg/m}^3$$

$$\phi = 45^\circ$$

y existiendo una sobrecarga  $h'$  tendremos

$$E = \frac{1}{2} w h (h + 2 h') \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{45^\circ}{2} \right)$$

Remplazando valores

$$E = 0.5 \times 1600 \times 9.20 \times 10.42 \times 0.17$$

$$E = 13037 \text{ Kg.}$$

Por volteo.-

Posición del C. de G. del muro: determinada gráficamente.

Distancia entre la línea de acción del peso propio y la arista de volteo.

$$d = 2.075 \text{ m}$$

Momento de peso propio.

$$42320 \times 2.075 = 87603 \text{ Kgm}$$

Punto de aplicación del empuje de tierras.

$$d' = \frac{h}{3} \left( \frac{h + 3H'}{h + 2h'} \right) = \frac{9.20}{3} \left( \frac{9.20 + 1.83}{9.20 + 1.22} \right)$$

$$d' = \frac{9.20 \times 1.06}{3} = 3.25 \text{ m.}$$

Momento del empuje.

$$13037 \times 3.25 = 42370 \text{ Kgm.}$$

$$c_v = \frac{87602}{42370} = 2.06 > 2$$

Por deslizamiento.-

Considerando un coeficiente de fricción de 0.7

$$F_v = 0.7 \times 42320 = 29624 \text{ Kg}$$

$$F_h = 13037 \text{ Kg}$$

$$c_D = \frac{29624}{13037} = 2.27 > 2$$

Excentricidad del peso de la elevación del muro.

$$e = 2.07 - \frac{320}{2} = 0.47 \text{ m}$$

Cargas originadas en la base de la elevación.-

A) Para fuerzas verticales.

$$r = \frac{P}{A} \left( 1 + \frac{6e}{b} \right)$$

En la arista interior

$$r = \frac{42320}{320 \times 100} \left( 1 + \frac{6 \times 47}{320} \right)$$

$$r = 1.32 \times 1.88 = 2.48 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compr).}$$

En la arista exterior

$$r = \frac{42320}{320 \times 100} \left( 1 - \frac{6 \times 47}{320} \right)$$

$$r = 1.32 \times 0.12 = 1.58 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

B) Para fzas horizontales.-

$$r = \pm \frac{6M}{Ab}$$

En la arista interior

$$r = - \frac{6 \times 13037 \times 325}{320 \times 100 \times 320}$$

$$r = - \frac{1950 \times 13037}{10240000} = - 2.48 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (tracción)}$$

En la arista exterior

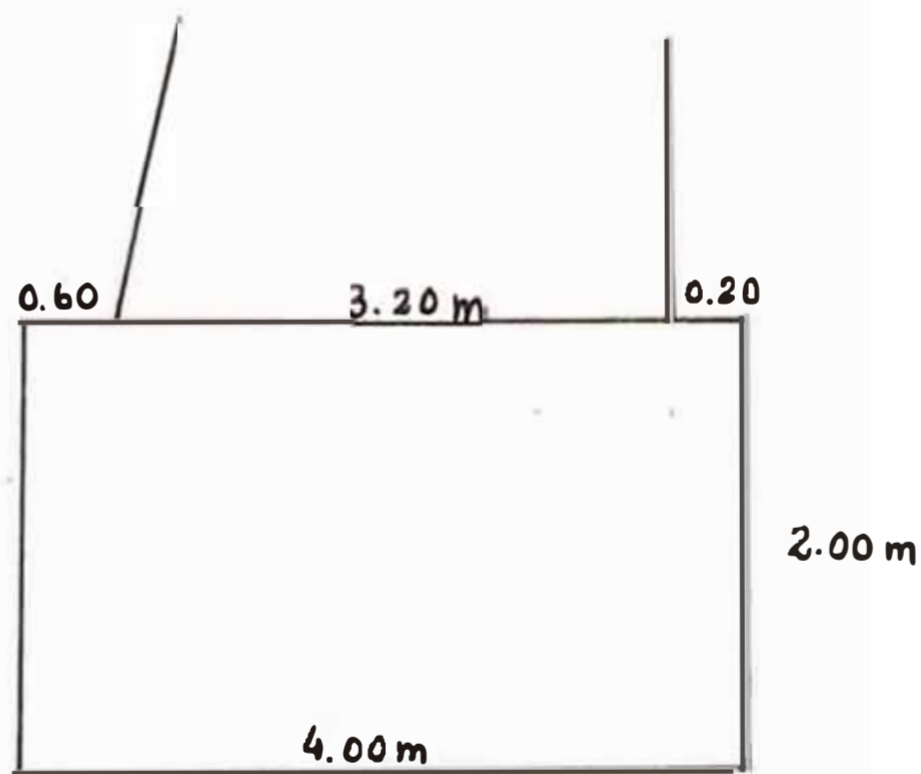
$$r = 2.48 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

Esfuerzos totales.-

Arista exterior: 4.06 Kg/cm<sup>2</sup> (compresión)

Arista interior: 0

### CIMENTACION



$$\text{Area} = 2 \times 4 = 8 \text{ m}^2$$

$$\text{Vol.} = 8 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso cimentación} = 2300 \times 8 = 18400 \text{ Kg.}$$

$$\text{Empuje activo} = \frac{1}{2} wh (h + 2 h') \text{ tg}^2 (45^\circ - \frac{45^\circ}{2})$$

$$Ea = 0.5 \times 1600 \times 11.20 \times 12.42 \times 0.17$$

$$Ea = 18918 \text{ Kg.}$$

$$\text{Empuje pasivo} = \frac{1}{2} wh^2 \text{ tg}^2 (45^\circ + \frac{45^\circ}{2})$$

$$E_p = 0.5 \times 1600 \times 4 \times 580 = 18560 \text{ Kg.}$$

1) Sin empuje pasivo.

Por volteo.- El peso de la cimentación actúa a 2m. de la arista.

$$M_{pp} = 18400 \times 2 = 36800 \text{ Kgm.}$$

El peso de la elevación actúa a 2.67 m de la arista

$$M.p.elevac. = 42320 \times 2.67 = 112994 \text{ Kgm.}$$

Punto de aplicación del empuje activo

$$d = \frac{11.20}{3} \left( \frac{11.20 + 1.83}{11.20 + 1.22} \right) = 3.92$$

Momento del Empuje activo

$$M_e = 18918 \times 3.92 = 74100 \text{ Kgm.}$$

$$c_v = \frac{36800 + 112994}{74100} = 2.02 > 2$$

Vemos por consiguiente que el empuje activo no llega a actuar pues sin necesidad de él el muro es estable.

Por deslizamiento.

Tomando un coeficiente de fricción de 0.7 (albañilería sobre roca)

$$f_{EF_v} = 0.7 (42320 + 18400) = 42504 \text{ Kg.}$$

$$EF_h = 18918 \text{ Kg.}$$

$$c_d = \frac{42504}{18918} = 2.24 > 2$$

Esfuerzos originados en el terreno.

Excentricidad del peso de la elevación respecto al centro de la cimentación

$$e = 0.67 \text{ m.}$$

A) Por peso de la cimentación.

En arista exterior

$$r = \frac{P}{A} = \frac{18400}{400 \times 100} = 0.46 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compr)}$$

En arista interior

$$r = \frac{P}{A} = 0.46 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compr)}$$

B) Por peso de la elevación.

En arista exterior

$$r = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6e}{b}\right)$$

$$r = \frac{42320}{400 \times 100} \left(1 - \frac{6 \times 67}{400}\right)$$

$$r = 1.06 \times (1-1) = 0 \text{ Kg/cm}^2$$

En arista interior

$$r = \frac{42320}{400 \times 100} \left(1 + \frac{6 \times 67}{400}\right)$$

$$r = 1.06 \times 2 = 2.12 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compr.)}$$

C) Por empuje activo.

$$r = \pm \frac{6M}{Ab}$$

En arista exterior

$$r = + \frac{6 \times 18918 \times 3.92}{400 \times 100 \times 400} = + 2.78 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

En arista interior

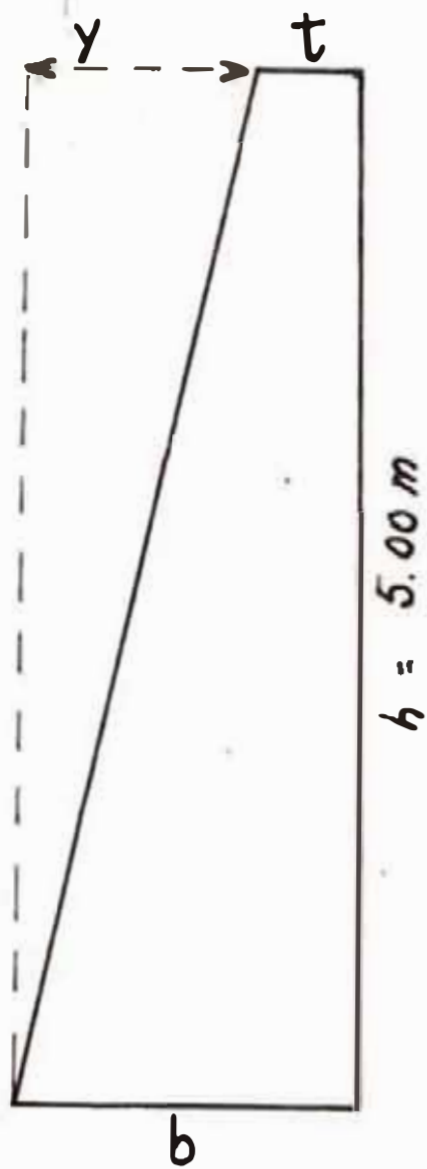
$$r = - 2.78 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (tracción)}$$

Esfuerzos Totales.-

Arista Exterior 3.24 Kg/cm<sup>2</sup> (compr.)

Arista Interior -0.20 Kg/cm<sup>2</sup> (tracc.)

SEGUNDO PERFIL.



ELEVACION.

Tomamos la sgte. relación

$$\frac{y}{b} = 0.75$$

$$x = 0.61$$

Con estos dos valores vamos al gráfico obteniendo

$$G = 0.92$$

$$\frac{b}{h} = 0.32$$

Dado que existe una sobrecarga se deberá multiplicar el valor de  $\frac{b}{h}$  por

$$\sqrt{1 + \frac{3h'}{h}}$$

Reemplazando valores se tiene

$$\sqrt{1 + \frac{3h'}{h}} = \sqrt{1 + \frac{3 \times 0.61}{5.00}} = 1.17$$

$$\text{Por lo tanto } \frac{b}{h} \times \sqrt{1 + \frac{3h'}{h}} = 0.32 \times 1.17 = 0.37$$

Siendo por consiguiente  $b = 0.37 h = 0.37 \times 5$

$$b = 1.85 \text{ m.}$$

$$\text{y } t = 0.45$$

Peso propio de la elevación del muro.-

$$\left( \frac{1.85 + 0.45}{2} \right) 5 \times 2300 = 13225 \text{ Kg.}$$

### Empuje de tierras.

$$E_a = 0.5 \times 1600 \times 5 \times 6.22 \times 0.17$$

$$E_a = 4229 \text{ Kg.}$$

### Por volteo.

Posición del C de G de la elevación: determinada gráficamente

$$d = 1.21 \text{ m. de la arista exterior}$$

Momento de peso propio

$$M = 13225 \times 1.21 = 16000 \text{ Kgm}$$

Punto de aplicación del empuje

$$d = \frac{h}{3} \left( \frac{h + 3h'}{h + 2h'} \right) = \frac{5}{3} \left( \frac{6.83}{6.22} \right) = 1.82$$

Momento del empuje activo

$$M = 4229 \times 1.82 = 7696 \text{ Kgm.}$$

$$C_v = \frac{16000}{7696} = 2.07 > 2$$

### Por deslizamiento.

Con un coeficiente de fricción de 0.7

$$fEF_v = 0.7 \times 13225 = 9257 \text{ Kg.}$$

$$EF_h = 4229$$

$$C_d = \frac{9257}{4229} = 2.18 > 2$$

Esfuerzos originados en la base de la elevación.-

A) Por fzas verticales.

$$r = \frac{P}{A} \left( 1 \pm \frac{6e}{b} \right)$$



En arista interior

$$r = \frac{13225}{185 \times 100} \left( 1 + \frac{6 \times 29}{185} \right)$$

$$r = 0.71 \times 1.94 = 1.38 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compr.)}$$

En arista exterior

$$r = \frac{13225}{185 \times 100} \left( 1 - \frac{6 \times 29}{185} \right)$$

$$r = 0.71 \times 0.06 = 0.04 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compr.)}$$

B) Por fzas horizontales.

$$r = \pm \frac{6M}{Ab}$$

En arista interior

$$r = - \frac{6 \times 4229 \times 1 \times 82}{185 \times 100 \times 185} = - 1.35 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (tracción)}$$

En arista exterior

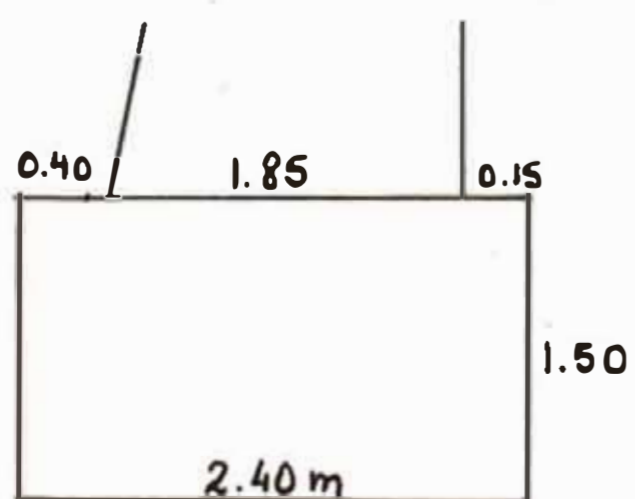
$$r = 1.35 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

Esfuerzos totales en la base de la elevación.-

Arista exterior: 1.39 Kg/cm<sup>2</sup> (compresión)

Arista interior: 0.03 Kg/cm<sup>2</sup> (compresión)

CIMENTACION.-



$$\text{Area} = 2.40 \times 1.5 = 3.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 3.60 \text{ m}^3$$

Peso cimentación 3.60 x 2300 = 8280 Kg.

Empuje activo.  $0.5 \times 1600 \times 6.50 \times 7.72 \times 0.17$

$$E_a = 6824 \text{ Kg.}$$

Empuje pasivo.

$$E_p = 0.5 \times 1600 \times 2.25 \times 5.80$$

$$E_p = 100440 \text{ Kg.}$$

1) Sin empuje pasivo

Por volteo.

El peso de la cimentación actúa a 1.20 m. de la arista

$$M_{pp} = 8280 \times 1.20 = 9930 \text{ Kgm.}$$

El peso de la elevación actúa a 1.61 m de la arista.

$$\bullet \quad M.p.elevac. = 13225 \times 1.61 = 21292 \text{ Kgm.}$$

Punto de aplicac. del empuje activo.

$$d = \frac{6.50}{3} \left( \frac{6.50 + 1.83}{6.50 + 1.22} \right) = 2.17 \times 1.07 = 2.32 \text{ m.}$$

de la base de la cimentación.

Momento del Empuje activo.

$$M_e = 6824 \times 2.32 = 15831 \text{ Kgm.}$$

$$C_v = \frac{9930 + 21292}{15831} = 1.97 < 2$$

Se puede considerar que está bien pues en este cálculo no se ha considerado el empuje pasivo, el cual ayuda a la estabilidad, más aún siendo el  $C_v$  obtenido prácticamente igual a 2

Por deslizamiento.-

Con un coeficiente de fricción de 0.7

$$fEF_v = 0.7 (8280 + 13225) = 15053 \text{ Kg}$$

$$EF_h = 6824$$

$$C_d = \frac{15053}{6824} = 2.20 > 2$$

Esfuerzos originados en el terreno.-

Excentricidad del peso de la elevación respecto al centro de la cimentación

$$e = 0.41 \text{ m.}$$

A) Por peso de la cimentación.-

En la arista exterior

$$r = \frac{P}{A} = \frac{8280}{240 \times 100} = 0.34 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (comp r)}$$

En la arista interior

$$r = \frac{P}{A} = 0.34 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

B) Por peso de la elevación.-

En la arista exterior

$$r = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6e}{b}\right)$$

$$r = \frac{13225}{240 \times 100} \left(1 - \frac{6 \times 40}{240}\right)$$

$$r = 0.55 (-0.02) = -0.01 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (tracc.)}$$

En la arista interior

$$r = \frac{13225}{240 \times 100} \left(1 + \frac{6 \times 41}{240}\right) = 0.55 \times 2.02$$

$$r = 1.11 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

C) Por empuje activo.

$$r = \pm \frac{6M}{Ab}$$

En arista exterior

$$r = \frac{6 \times 6824 \times 2.32}{240 \times 100 \times 240} = \frac{9499000}{5760000}$$

$$r = 1.65 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

En arista interior

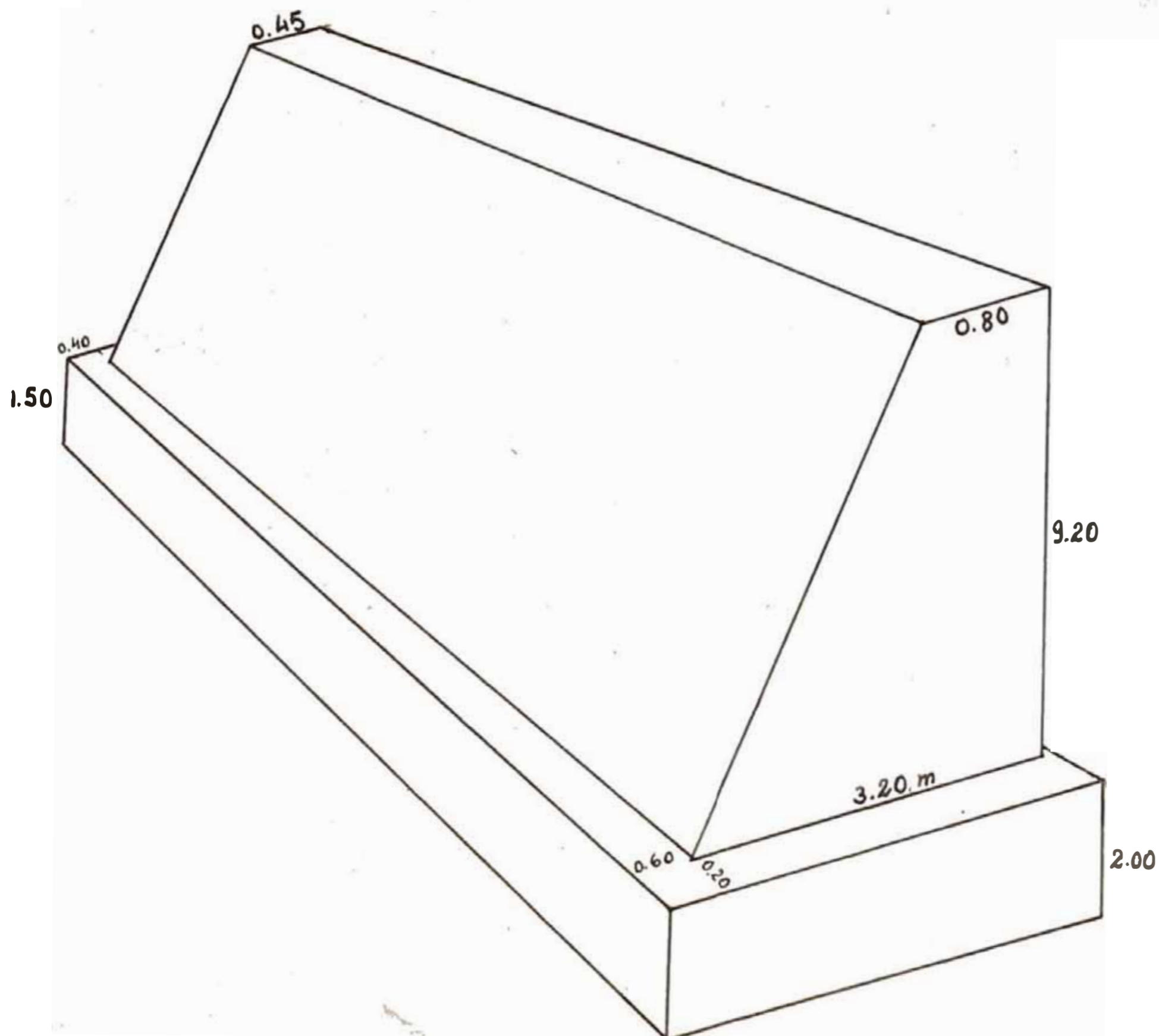
$$r = - \frac{6M}{Ab} = -1.65 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (tracción)}$$

Esfuerzos producidos en el terreno.

En la arista exterior: 1.98 Kg/cm<sup>2</sup> (compr.)

En la arista interior: -0.20 Kg/cm<sup>2</sup> (tracc.)

PERSPECTIVA DEL MURO DE SOSTENIMIENTO.



Longitud: 60.00 Metros.

Concreto ciclópico

1:8 con 30% de p.g.

### TIPO DE VEHICULO.-

Según las especificaciones que rigen para el presente proyecto, las dimensiones y carga de los vehículo que circularán por la carretera seran:

Carga tipo	H15 - S12
Longitud total	15 m.
Ancho total	2.40 m.
Alto total	4.20 m.

El modelo que se aproxima más a esta características será el siguiente:

Camión Ford F - 900 - con una distancia entre ejes de 144"  
3.66 m.

Semitrailer modelo PM-T88 con una distancia entre eje posterior y pivot. de 35' = 10.68 m.

Longitud:  $3.66 + 10.68 = 14.33$  mts.

El camión tipo F - 900 tiene:

Capacidad del eje delantero	8000 Lbs.
Capacidad del eje trasero	21000 Lbs.
Peso bruto	27000 Lbs.
Potencia del motor	155 HP
Velocidad directriz	45 Km-h
Torque máximo T	= 284 Lbs/pie a 2000 RPM

Porcentaje útil en directa  $E = 0.9$

Neumáticos de 10.00 x 20 de 12 lonas

Desmultiplicación en el eje trasero  $R = 7.17$  a 1

Desmultiplicación en la caja de cambios

1a 7.58 a 1

2a 4.38 a 1

3a 2.40 a 1

4a 1.48 a 1

Directa 1 a 1

Marcha atras 7.15 a 1

Pavimento asfáltico con  $R_t = 12$

Altura sobre el nivel del mar 3790 m.

Diámetro de los neumáticos 1.66'

Circunferencia de neumáticos 10.48'

A la velocidad directriz de 45 Km-h o sea 28 millas (5280') los neumáticos dan 503 revoluciones por milla ( $M = 503$ )

Esfuerzo tractor.  $E_t$  es la medida del esfuerzo ejercido por las ruedas propulsoras en su punto de contacto con el suelo para hacer rodar el vehículo

$$E_t = 0.00119 \text{ T E R M}$$

Reemplazando

$$E_t = 0.00119 \times 284 \times 0.9 \times 7.17 \times 503$$

$$E_t = 1098 \text{ lbs.}$$

Resistencias a la tracción, que son las que debe vencer el vehículo en marcha.

- Resistencia a la rodadura, la cual depende de la velocidad y carga del vehículo, de la superficie de rodadura etc; considerándose

para superficie asfáltica un valor de  $R_r = 12$  por cada 100 Lbs de peso bruto del camión.

- Resistencia del aire, la que ofrece este elemento debido a la superficie que le presente el vehículo.

$$R_a = K S V^2$$

variando K entre 0.001 y 0.0025

$$R_a = 0.0025 \times 2.40 \times 10.76 \times 28^2 = 206 \text{ lbs.}$$

Esfuerzo neto disponible. será la diferencia entre el esfuerzo tractor y la resistencia vencida.

$$E_n = 1098 - 206 = 892 \text{ Lbs.}$$

Coeficiente de rendimiento.  $C_r$  - relación entre el esfuerzo tractor y el peso bruto del vehículo.

$$C_r = \frac{E_t \times 1000}{P_b} = \frac{892 \times 1000}{27000} = 33$$

33 Lbs. por cada 1000 Lbs. de  $P_b$ .

Ascenso al nivel del mar.

$$i = \frac{C_r - R_r}{10} = \frac{33 - 12}{10} = 2.1\%$$

Pero como se debe considerar la capacidad de ascenso a la altura a que se encuentra la vía tendremos, que:

Al nivel del mar el motor rinde con una eficiencia de 90%, perdiendo 1% por cada 1000 metros del altura, obteniendose

$$\text{Capacidad de Ascenso Real} = 2.1 (0.9 - 0.038)$$

$$C.a.r = 1.81\%$$

Distribución de Cargas. Dado que se trata de un tren formado por camión y remolque iniciaremos el estudio de la distribución de cargas en el remolque A) En el remolque.

Peso.

Supongamos :

Peso vacío en el eje del semi - remolque. = 6000 lbs.

Distancias A = B = 210"

C = 420"

Carga útil = 24000 lbs.

El peso total W3 sobre este eje es :

$$W3 = \frac{24000}{2} + 6000 = 18000 \text{ lbs.}$$

B) En el camión tractor.

Supongamos :

Pesos vacíos : En el eje delantero = 5000 lbs.

En el eje trasero = 7000 lbs.

Carga útil calculada  $\frac{24000}{2} = 12000$  lbs

Distancias :

A = 144"

B = 20"

C = 164"

La carga útil sobre el eje trasero es :

$$\frac{144}{164} \times 12000 = 10500 \text{ lbs.}$$

Peso total en este eje :

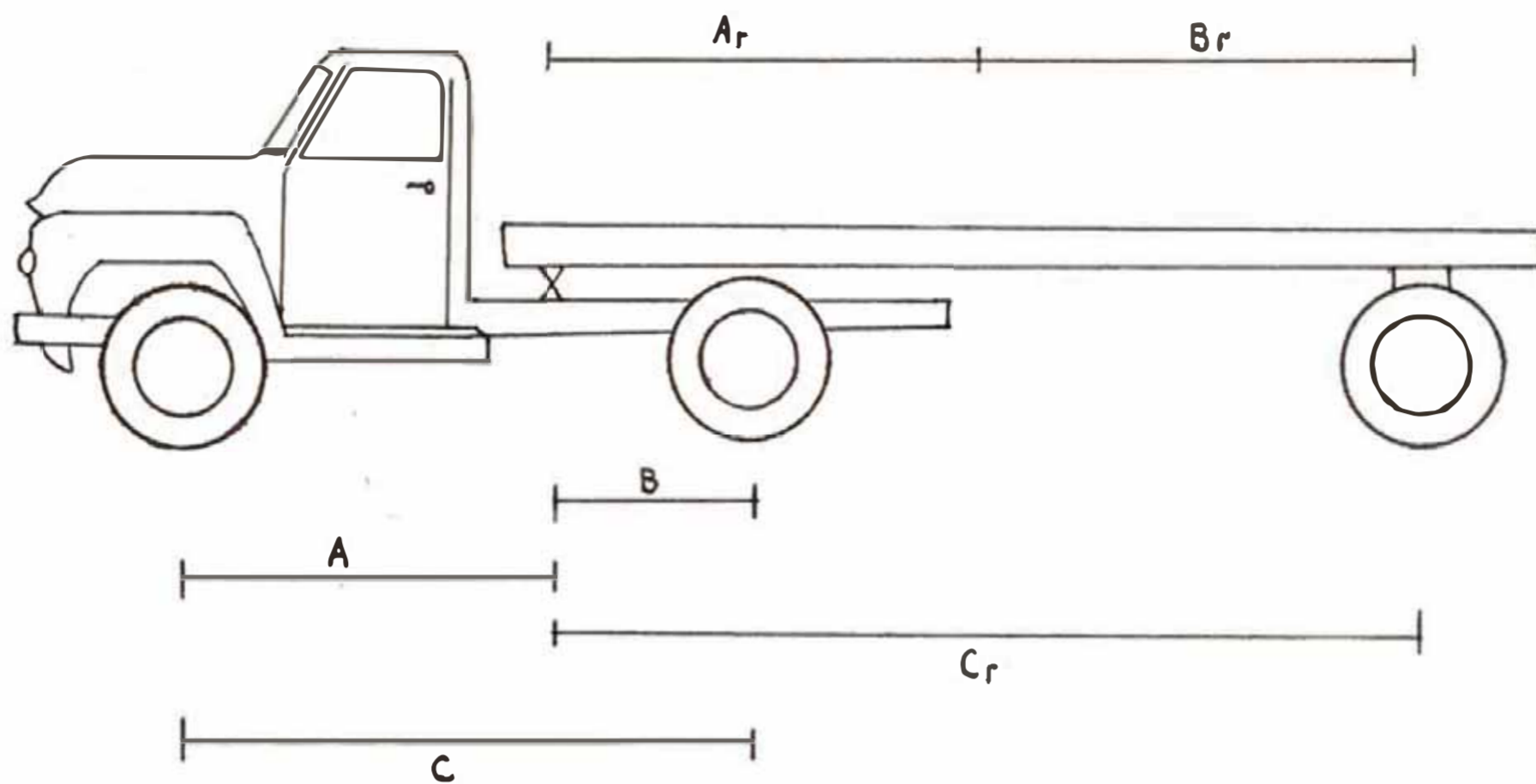
$$W2 = 10500 + 7000 = 17500 \text{ lbs.}$$

La carga útil sobre el eje delantero es :

$$\frac{20}{164} \times 12000 = 1470 \text{ lbs.}$$

Peso total en este eje :  $W1 = 1470 + 5000 = 6470 \text{ lbs.}$





Importancia de la distribución de carga.-

Al cargar un camión hay que tener cuidado en distribuir correctamente la carga, de modo de obtener un trabajo normal del motor, un desgaste parejo de las llantas y así mismo transmitir cargas no excéntricas a la superficie de rodadura, la cual sufre en mayor proporción por mala distribución de cargas, en las curvas.

---

## C A P I T U L O   I I

### CONSTRUCCION Y DRENAJE.

#### Cubicación de cortes y rellenos.-

Una vez obtenidas las areas, pasando el planímetro por las diversas secciones transversales que figuran en el respectivo pliego se ha procedido a la cubicación en forma de obtener el movimiento de tierras, lo cual se ha hecho por el metodo del area media, con las siguientes fórmulas.

a) Caso de corte a corte o de relleno a relleno.

$$V_c = V_r = \frac{S + S'}{2} D$$

b) Caso de corte completo a relleno completo.

$$V_c = \frac{S^2}{S + S'} \times \frac{D}{2} \qquad V_r = \frac{S'^2}{S + S'} \times \frac{D}{2}$$

c) Caso de dos secciones a media ladera en que se corresponden los cortes y rellenos.

$$V_c = \frac{S + S'}{2} \times D \qquad V_r = \frac{S_1 + S'_1}{2} \times D$$

d) Caso de una sección en corte o relleno completo y la otra a media ladera.

$$V_c = \frac{D}{2} \left( S_1 + S'_1 + \frac{S^2}{S + S'} \right) \qquad V_r = \frac{S'^2}{S + S'} \times \frac{D}{2}$$

e) Caso de dos secciones a media ladera en que no se corresponden los cortes y rellenos.

$$V_c = \frac{S^2}{S + S'} \times \frac{D}{2} + \frac{S_1'^2}{S_1 + S'_1} \times \frac{D}{2}$$

$$V_r = \frac{S_1^2}{S + S'} \times \frac{D}{2} + \frac{S_1'^2}{S_1 + S'_1} \times \frac{D}{2}$$

Fórmulas con las que se solucionan todos los casos que pueden presentarse y con las cuales se ha obtenido el pliego de cubicación, en el cual figuran además los volúmenes de corte con su esponjamiento y la contracción de materiales en los rellenos.

Esponjamiento de las tierras y su contracción al compactarlas.-

Los materiales de corte, al pasar del estado natural al suelto sufren un esponjamiento y luego una contracción al ser consolidados para la formación de rellenos.

Para el presente proyecto se ha hecho uso de los siguientes coeficientes para el paso de los diversos materiales a diferentes estados.

Materiales sueltos.

De natural a suelto	:	1.25
De suelto a compactado	:	1.39

Rocas.

De natural a suelto	:	1.40
De suelto a compactado	:	1.00

Una vez obtenidos los nuevos volúmenes se ha procedido a obtener los valores de la columna Diferencia, asumiéndose para los volúmenes entre estacas el signo positivo para los cortes y el signo negativo para los rellenos, o sea que si entre dos determinadas estacas existe un exceso de corte sobre el volumen obtenido de relleno, la diferencia será negativa, y positiva en caso contrario.

A continuación se ha determinado los valores para la columna Suma Algebraica, en la cual se procede a la Suma Algebraica de los volúmenes comprendidos entre estacas contiguas; se puede observar que esta columna es de valores acumulativos, pues en caso de una serie

de volúmenes de cortes contiguos, en cada estaca se sumará el volumen que en ella exista a los anteriores acumulados, debiéndose restar en caso que se trate de volumen de relleno. Una vez obtenida esta columna en la que cada volumen lleva su respectivo signo, con dichos valores se ha dibujado el diagrama de masas.

El Diagrama de Masas se obtiene trazando una línea horizontal llamada Línea de Base, a partir de la cual se llevan hacia arriba si son positivos y hacia abajo si son negativos, los valores de la columna anteriormente hallada, puntos que luego se unen, formando una línea sinuosa.

La importancia que reviste el Diagrama de Masas puede comprenderse si se consideran sus propiedades que son :

1º El diagrama es ascendente mientras hayan excesos de corte y descendente cuando hay exceso de rellenos.

Hay una ordenada máxima que corresponde a cada punto en que el perfil longitudinal señala el paso de corte a relleno o viceversa.

La diferencia entre las ordenadas de dos puntos consecutivos del diagrama, representa a la escala adoptada, el exceso de volumen que después de la compensación transversal se tiene en el tramo correspondiente, exceso que es de corte si la diferencia es positiva o de relleno si es negativa.

4º En los puntos en que la curva corta a la línea de base hay compensación de volúmenes, pues en estos puntos la suma algebraica de cortes y rellenos es cero

- 5° Si la curva termina en la línea de los ceros, hay compensación absoluta.
- 6° Si la curva no termina en la línea de los ceros, la ordenada extrema representa el exceso de corte si queda sobre ésta línea o de relleno en caso contrario.
- 7° Toda paralela a la línea de base que corta a la curva en dos puntos, determina segmentos compensados.
- 8° El área comprendida en un segmento cerrado representa los momentos de transporte de los volúmenes que se compensan.
- 9° El área de un segmento cerrado, dividida entre la ordenada máxima de este segmento representa la distancia media de transporte.

De este diagrama se obtienen datos que sirven para determinar las distancias medias de transporte, con las cuales es posible seleccionar el equipo necesario para el transporte de los materiales en cada tramo, para lo cual basta trazar horizontales que intercepten el diagrama en las distancias máximas que se recomiendan para cada tipo de máquina.

En la construcción con maquinaria se fija una longitud convencional en la que no se paga el transporte, debiéndose pagar por la diferencia de recorrido si se trata de distancias mayores.

De acuerdo con la octava propiedad del diagrama de masas que dice que el área comprendida en un segmento cerrado representa los momentos de transporte de los volúmenes que se transportan, se ha procedido a determinar las áreas de los segmentos encerrados en el

Diagrama de Masas, así como la ordenada máxima de éste segmento para que de acuerdo a la novena propiedad se pueda determinar las distancias medias de transporte.

#### Linea de Costo Mínimo.-

Dado que no era conveniente escoger para la determinación de las distancias medias de transporte la Linea de Base, puesto que el Diagrama de Masas solamente cortaba a ésta línea por primera vez recién en la estaca 94 $\frac{1}{2}$  4.00 m. con lo cual se obtenía una distancia media de transporte excesivamente grande merced a la gran área encerrada por esta parte del Diagrama, ha sido necesario ubicar una **Linea de Costo Mínimo** lo cual se ha hecho graficamente en la siguiente forma:

Se trazó una horizontal cualquiera y se procedió a sumar por una parte los segmentos de esta recta interceptados por las curvas del Diagrama de Masas ubicadas por encima de ella, y por otra los segmentos de recta interceptados por las curvas que quedaban hacia abajo, obteniendo a continuación la diferencia entre las dos sumas, valor que se llevó en su magnitud sobre la recta trazada; se trazó otra horizontal cualquiera a diferente altura y se hizo la misma operación, llevándose la diferencia obtenida sobre esta nueva recta al otro lado del eje Y que pasa por la estaca 0 debido a que las diferencias eran de sentido contrario. Se unió los dos puntos en una recta y en el punto en que ésta corta al eje Y pasa la horizontal que es la **Linea de Costo Mínimo**.

Esta Linea divide el Diagrama de Masas en una serie de crestas y valles, de cada una de la cuales se ha determinado su área, que es el momento de transporte, el cual dividido entre la ordenada máxima de este segmento del Diagrama, representativa de un volumen, **nos dá la Distancia Media de Transporte.**

TRAMOS	MOMENTO DE TRANSPORTE	ORDENADA MAXIMA	DIST. MEDIA DE TRANSPORTE	
I	9.31 x 20 x 200	37240 m <sup>4</sup>	820 m <sup>3</sup>	45.30 m
II	18.9 x 20 x 200	75600 m <sup>4</sup>	740 m <sup>3</sup>	101.00 m
III	8.55 x 20 x 200	34200 m <sup>4</sup>	540 m <sup>3</sup>	63.20 m
IV	8.45 x 20 x 200	33800 m <sup>4</sup>	930 m <sup>3</sup>	36.40 m
V	0.1 x 20 x 200	400 m <sup>4</sup>	30 m <sup>3</sup>	13.30 m
VI	7.59 x 20 x 200	30360 m <sup>4</sup>	810 m <sup>3</sup>	37.40 m
VII	7.60 x 20 x 200	30400 m <sup>4</sup>	720 m <sup>3</sup>	42.20 m
VIII	18.1 x 20 x 200	72400 m <sup>4</sup>	1040 m <sup>3</sup>	69.50 m
IX	36.00 x 20 x 200	144000 m <sup>4</sup>	1810 m <sup>3</sup>	79.50 m
X	2.34 x 20 x 200	9360 m <sup>4</sup>	370 m <sup>3</sup>	25.30 m
XI	6.00 x 20 x 200	24000 m <sup>4</sup>	570 m <sup>3</sup>	42.10 m
XII	4.45 x 20 x 200	17800 m <sup>4</sup>	440 m <sup>3</sup>	40.50 m

Del análisis del Diagrama de Masas se desprende que en los primeros 38 metros del trazo hay un corte no compensado que asciende a 1,160 m<sup>3</sup> y que entre la estaca 90 ÷ 5 y la 92 ÷ 8.00 m existe un relleno no compensado de 800 m<sup>3</sup>, el cual será cubierto por el corte antes mencionado, quedando aún un exceso de 360 m<sup>3</sup> que serán utilizados extendiéndolos en una capa de 10 cm. a lo largo de 360 metros de relleno de roca que hay después de la estaca 40 quedando un remanente de 108 m<sup>3</sup> que serán esparcidos en capas de 15 cm. entre las estacas 76 y 78; 47 cm. entre las estacas 78 y 80, además de una capa de 15 cm. entre las estacas 80 y 82.

#### Selección del Equipo Mecánico.-

La selección del equipo mecánico está supeditada a las distan-

cias medias obtenidas en el cuadro anterior, que para el presente proyecto varían entre 13.30 y 101.00 metros, ya que las diversas maquinarias no tienen un rendimiento económico para una misma distancia de transporte de materiales.

De acuerdo a las distancias obtenidas se desprende que el equipo mecánico a usarse estará constituido por tractores. ya que estos son económicos para transporte hasta los 90 metros, debiendo hacer la salvedad que en el tramo II no se obtendrá un rendimiento económico, pero así también que en un solo tramo no justificaría la adquisición de traillas, siendo además tan pequeña la distancia a recorrer por sobre la máxima de rendimiento económico (101.00-90.00).

En lo que respecta al corte no inicial y al relleno de la <sup>compensada</sup> estaca 90  $\pm$  5 a la 92  $\pm$  8.00 se hará el transporte del material de corte para su integración como relleno por medio de camiones siendo la forma de su abastecimiento, materia de estudio posterior.

#### Trabajo con Empujadores.-

Dado que el tractor con empujador es una máquina que permite realizar gran variedad de trabajos, es la más usada en carreteras, variando su modo de empleo según sea el tipo de obra y la clase de material.

#### a) Corte en Ladera .

Es uno de los trabajos más importantes en la construcción de carreteras, incluyéndose la preparación de secciones a nivel para la operación de Traillas.

El corte se ataca de arriba hacia abajo, teniendo el empu-



ador recto, abriéndose así la ladera una primera zanja, el material de la cual se bota. Realizada esta primera operación a lo largo de un tramo, comienza el tractor a trabajar a lo largo de esta zanja, dándole al empujador un ángulo conveniente, haciéndose ir y venir al tractor botando el material y efectuando así el corte.

En el caso en que el ancho de la plataforma fuera mayor que el del empujador, el tractor girará para botar el material e ir formando el relleno.

#### b) Corte cerrado

El tractor recorrerá primeramente el tramo con el empujador recto hasta abrir una zanja suficiente para trabajar eficazmente, procediendo luego a dar a la cuchilla el ángulo necesario, para que así al ir y venir el tractor irá echando bien el material a los puntos de relleno o bien acumulando a un costado para ser luego transportado o eliminado.

#### c) Terminación de taludes en los cortes y rellenos de muros

Para el acabado de los taludes en los cortes, se sacará el material colocando el empujador en posición recta.

El relleno a ejecutar tras un muro se hará por medio de idas y regresos sucesivos del tractor, el cual con sus empujador recto irá acumulando el material.

El rendimiento de un tractor se obtiene por medio de la fórmula

$$R = \frac{a \times f \times 60 \times E}{C_m} = m^3/\text{hora}$$

En la que:

- a Capacidad de la cuchilla en material suelto
- f Factor de conversión del terreno

E Factor de eficiencia que es 0.6 según especificaciones.

$C_m$  Tiempo en minutos de un ciclo de trabajo.

acuerdo a esto se ha procedido al cálculo del:

Rendimiento del Tractor en cada Tramo.-

RAMO I

Material por mover : Material suelto.

Factor de conversión : 1.25

Capacidad del empujador :  $2.9 \text{ m}^3$

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 45.30 m

Duración del ciclo de trabajo :  $C_m$ .

a) Tiempo fijo

En una ida y una vuelta hay 2 cambios y tomando 10 segundos como buen promedio tendremos:

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

b) Tiempo variable

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{45.30 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.99 \text{ minutos.}$$

Regreso descargando a 4.83 Km/h.

$$\frac{45.30 \times 60}{483 \times 1000} = 0.56 \text{ minutos.}$$

Por lo tanto  $C_m = 1.88$  minutos.

$$R_x = \frac{2.9 \times 1.25 \times 60 \times 0.6}{1.88} = 69.50 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

0 II

Material por mover: Material Suelto.

Factor de conversión : 1.25

Capacidad del empujador : 2.9

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 101.00 m

Duración del ciclo del trabajo : Cm

a) Tiempo fijo

$$T.f. : 2 \times 10'' = 33 \text{ minutos.}$$

b) Tiempo variable

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{101.00 \times 60}{2.73 \times 1000} = 2.22 \text{ minutos}$$

Regreso descargando a 5.96 Km/h.

$$\frac{101.00 \times 60}{5.96 \times 1000} = 1.02 \text{ minutos}$$

Siendo por lo tanto Cm = 3.57 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1.25 \times 60 \times 0.6}{3.57} = 36.60 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

0 III

Material por mover : Material Suelto

Factor de conversión : 1.25

Capacidad del empujador : 2.9 m<sup>3</sup>

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 63.20 m

Duración del ciclo : Cm

a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

b) Tiempos variables

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{63.20 \times 60}{2.73 \times 1000} = 1.39 \text{ minutos.}$$

Regreso descargado a 4.83 Km/h.

$$\frac{63.20 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.78 \text{ minutos.}$$

De lo cual se obtiene  $C_m = 2.50$  minutos.

$$R = \frac{29 \times 1.25 \times 60 \times 0.6}{250} = 52.20 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

#### TRAMO IV

Material por mover : Material Suelto

Factor de conversión : 1.25

Capacidad del empujador : 2.9 m<sup>3</sup>

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 36.40 m

Duración del ciclo de trabajo :  $C_m$

a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

b) Tiempos variables

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{36.40 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.80 \text{ minutos.}$$

Regreso sin carga a 4.83 Km/h.

$$\frac{36.40 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.45 \text{ Km/h.}$$

Siendo por ende Cm 1.58 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1.25 \times 60 \times 0.6}{1.58} = 82.50 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

#### TRAMO V

Material por mover : Roca

Factor de conversión : 1

Capacidad del empujador : 2.9 m<sup>3</sup>

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 13.30 m

Duración del ciclo de trabajo : Cm

a) Tiempo fijo

$$T. f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

b) Tiempos variables

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{13.30 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.29 \text{ minutos.}$$

Regreso sin carga a 4.83 Km/h.

$$\frac{13.30 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.16 \text{ minutos.}$$

Obteniéndose Cm 0.78 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1 \times 60 \times 0.6}{0.78} = 134 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

#### RAMO VI

Material por mover : Roca

Factor de conversión : 1

Capacidad de empujador : 2.9 m<sup>3</sup>

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 37.40 m

Duración del ciclo de trabajo : Cm

a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

b) Tiempos variables

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{37.40 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.82 \text{ minutos.}$$

Regreso sin carga a 4.83 Km/h.

$$\frac{37.40 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.46 \text{ minutos.}$$

Por lo cual Cm = 1.61 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1 \times 60 \times 0.6}{1.61} = 81.00 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

## RAMO VII

Material por mover : Roca

Factor de conversión : 1

Capacidad del empujador : 2.9 m<sup>3</sup>

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 42.20

Duración del ciclo de trabajo : Cm

a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

b) Tiempos variables

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{42.20 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.93 \text{ minutos.}$$

Regreso descargando a 4.83 Km/h.

$$\frac{42.20 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.52 \text{ minutos.}$$

Siendo por consiguiente Cm = 1.78 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1 \times 60 \times 0.6}{1.78} = 58.50 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

TRAMO VIII

Material para mover : Roca

Factore de conversión : 1

Capacidad del empujador : 2.9

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 69.50 m

Duración del ciclo de trabajo: Cm

a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos}$$

b) Tiempos variables

Ida empujando material a 2.73 Km/h.

$$\frac{69.50 \times 60}{2.73 \times 1000} = 1.53 \text{ minutos.}$$

Regreso descargado a 4.83 Km/h.

$$\frac{69.50 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.86 \text{ minutos}$$

Siendo por lo tanto Cm = 2.72 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1 \times 60 \times 0.6}{2.72} = 38.30 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

## RAMO IX

Materiales por mover : Roca.

Factor de conversión : 1

Capacidad del empujador :  $2.9 \text{ m}^3$

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 79.50 m

Duración del ciclo de trabajo : Cm

a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

b) Tiempos variables

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{79.50 \times 60}{2.73 \times 1000} = 1.75 \text{ minutos.}$$

Regreso descargado a 4.83 Km/h.

$$\frac{79.50 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.99 \text{ minutos.}$$

Obteniéndose por ende Cm = 3.07 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1 \times 60 \times 0.6}{3.07} = 34.00 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

## TRAMO X

Materiales por mover : Roca.

Factor de conversión : 1

Capacidad del empujador :  $2.9 \text{ m}^3$

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte ; 25.30 m

Duración del ciclo de trabajo : Cm



a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos}$$

b) Tiempos variables

· Ida empujando carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{25.30 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.56 \text{ minutos.}$$

Regreso sin carga a 4.83 Km/h.

$$\frac{25.30 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.32 \text{ minutos.}$$

Y por tanto Cm 1.21 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1 \times 60 \times 0.6}{1.21} = 86.50 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

0 XI

Materiales por mover : Roca.

Factor de conversión : 1

Capacidad del empujador : 2.9 m<sup>3</sup>

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 42.10 m

Duración del ciclo de trabajo : Cm

a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

B) Tiempos variables

Ida con carga a 2.73 Km/h.

$$\frac{42.10 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.93 \text{ minutos.}$$

Regreso descargando a 4.83 Km/h.

$$\frac{42.10 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.52 \text{ minutos.}$$

Obteniendo de lo cual Cm = 51.78 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1 \times 60 \times 0.6}{1.78} = 58.70 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

## TRAMO XII

Material por mover : Roca.

Factor de conversión : 1

Capacidad del empujador : 2.9 m<sup>3</sup>

Factor de eficiencia : 0.6

Distancia media de transporte : 40.50 m

Duración del ciclo de trabajo : Cm

A) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.33 \text{ minutos.}$$

B) Tiempos variables

Ida empujando material a 2.73 Km/h/

$$\frac{40.50 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.86 \text{ minutos.}$$

Regreso descargado a 4.83 Km/h.

$$\frac{40.50 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.50 \text{ minutos.}$$

Y por lo tanto Cm = 1.69 minutos.

$$R = \frac{2.9 \times 1 \times 60 \times 0.6}{1.69} = 62.00 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

sto es lo referente a los tramos compensados, pero hay que recor-  
que aún tenemos un exceso de 360 m<sup>3</sup> que botar, lo cual denno-  
emos :

TRAMO DEL MATERIAL POR ESPARCIR/- 0

Material por mover : Material Suelto.

Factor de conversión : 1.25

Capacidad del empujador : 2.9 m<sup>3</sup>

Factor de eficiencia : 0.6

Longitud media de transporte : 15 m (supue)

Duración del ciclo de trabajo : Cm

a) Tiempo fijo

$$T.f. = 2 \times 10'' = 0.333 \text{ minutos.}$$

b) Tiempos variables

Ida arrastrando material a 2.73 Km/h.

$$\frac{15 \times 60}{2.73 \times 1000} = 0.33 \text{ minutos.}$$

Regreso sin material a 4.83 Km/h.

$$\frac{15 \times 60}{4.83 \times 1000} = 0.19 \text{ minutos.}$$

Siendo por lo tanto Cm = 0.85 minutos.

$$R = R \frac{2.9 \times 1.25 \times 60 \times 0.6}{0.85} = 153 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

	CM				TIEMPO EN
O	<u>MINUTOS</u>	RENDIMIENTO	DISTANCIA MEDIA	VOLUMENES	HORAS EMP.
0	0.85	153.00 m <sup>3</sup> /h.	15.00m	360	2.35
I	1.88	69.50	45.30	820	11.80
II	3.57	36.60	101.00	740	20.25
III	2.50	52.20	63.20	540	10.30
IV	1.58	82.50	36.40	930	11.15
V	0.78	134.00	13.30	30	0.22
VI	1.61	81.00	37.40	810	10.00
VII	1.78	58.50	42.20	720	12.30
VIII	2.72	38.30	69.50	1040	27.10
IX	3.07	34.00	79.50	1810	53.20
X	1.21	86.50	25.30	370	4.28
XI	1.78	58.70	42.10	570	9.73
XII	1.69	62.00	40.50	440	7.10
				TOTAL :	179.78

Se ha procedido a continuación a hacer un análisis respecto a la conveniencia o no de adquirir o alquilar una pala mecánica Marion 3-M de 3/4 de yarda cúbica para ejecutar el movimiento de tierras para llevar el material de corte a los primeros 38 metros a convertirse en relleno entre las estacas 90 ± 5.00 y 92 ± 8.00 m.

## Análisis del Trabajo con Pala Mecánica.-

Se hará uso de palas de cuchara (Shovel) modelo Marión 33 de 3/4 de yarda cúbica.

El rendimiento a obtener se calcula por medio de la siguiente fórmula :

$$R = \frac{3600 \times Q \times f \times E \times K}{C_m}$$

siendo K el factor de eficiencia de la cuchara.

Capacidad del cucharón : 0.574 m<sup>3</sup> ( 3/4 c.y)

Material a excavar : Material suelto.

Tipo de excavación : Liviana.

Factor de conversión : 1.25

Factor de eficiencia : 0.6

Factor de eficiencia K : 0.95

Duración del ciclo de trabajo C<sub>m</sub> : 18 segundos.

$$R = \frac{3600 \times 0.574 \times 0.6 \times 1.25 \times 0.95}{18} = 81.7 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

El número de camiones que deberán hacer el servicio entre la pa-  
y el punto de descarga, de manera de obtener un máximo rendimiento se obtiene por :

$$N = 1 + \frac{60 \left( \frac{d}{V_1} + T_1 + \frac{d}{V_2} + T_2 \right)}{n \cdot C_m}$$

que

d es la distancia de transporte.

V<sub>1</sub> es la velocidad del camión cargado en metros/min.

T<sub>1</sub> es el tiempo en minutos necesario para descargar el

volquete se estima en 1 minuto.

V2 velocidad del camión descargado en metros/min.

T2 tiempo requerido para que el camión se cuadre bajo la pala se estima en 2 minutos.

n número de ciclos necesarios para cargar el volquete.

Cm es el ciclo de trabajo de la pala.

### Número de camiones requeridos.-

Distancia de promedio de transporte : 908 metros.

Velocidad del camión cargado : 20 Km/hora o sea V1 = 20 x 16.7 = 334 mts./minuto.

Tiempo para descargar el volquete : 1 minuto.

Velocidad del camión descargado : 45 Km/h. o sea V2 = 45 x 16.7 = 753 mts./minuto.

Tiempo de cuadrada : 2 minutos.

Número de ciclos necesarios para cargar el volquete considerando camiones de 3 metros cúbicos :

$$n = \frac{3.00}{0.574} = 6 \text{ ciclos.}$$

Duración de cada ciclo de la pala : 18 segundos.

Reemplazando valores :

$$N = 1 + \frac{60 \left( \frac{908}{334} + 1 + \frac{908}{753} + 2 \right)}{6 \times 18} = 5 \text{ camiones.}$$

El tiempo aproximado que se tardará en hacer el movimiento de los 300 m<sup>3</sup> se puede considerar como la quinta parte del que demoraría solo camión en hacer este mismo trabajo.

Tempo completo empleado por un solo camión por ciclo, el cual a

u vez representa el movimiento de  $3 \text{ m}^3$  de material.

$$T = 8.73 \text{ minutos.}$$

$$\text{Tiempo total por camión : } \frac{8.73 \times 800}{3 \times 60} = 38.7 \text{ horas.}$$

Tiempo en que ejecutado el movimiento de tierras con el servicio de 5 camiones :

$$T = \frac{8.73 \times 800}{3 \times 60 \times 5} = 8 \text{ horas}$$

Pero el tiempo verdadero viene a ser dado por el rendimiento de la pala ( $81.7 \text{ m}^3/\text{hora}$ ), el que representa  $800 : 81.7 = 9.80$  horas.

#### B) Trabajo de Llenado de Camiones a Mano.-

Determinación del número de viajes al día por camión, considerándolo abastecido por 4 hombres.

Como promedio se estima que 16 lampadas dan el cubicaje de una carretilla o sea  $0.057 \text{ m}^3$ . Como se trata de 4 hombres, ellos simultáneamente llenan  $0.057 \times 4 = 0.228 \text{ m}^3$  y dado que la capacidad del camión es de  $3 \text{ m}^3$  tendremos que serán precisas :

$$3 : 0.228 = 13.10$$

Si se toma 5 segundos como promedio por lampada, ya que en los últimos viajes el tiempo empleado por lampada será mayor que en los primeros, tendremos que el tiempo empleado en llenar el camión :

$$\text{camión, } t = \frac{5 \times 16 \times 13.1}{60} = 17.5 \text{ minutos.}$$

El tiempo empleado en total por viaje incluyendo la carga será :

$$t' = 2 \div 17.5 \div 2.72 \div 1 \div 1.21 = 24.43 \text{ minutos.}$$

La jornada de 8 horas tiene 480 minutos, lo cual permite hacer :

$$480 : 24.43 = 19 \text{ viajes de camión por cuadrilla.}$$

Dado que serán 5 los camiones en servicio diariamente se moverán:

$$5 \times 19 \times 3 = 285 \text{ m}^3$$

sea que el movimiento de todo el material representará un trabajo de 2.8 días, mientras que con pala mecánica requeriría 1 día.

Del análisis de los dos casos se desprende que no es conveniente ni la adquisición ni el alquiler de una pala mecánica, pues esto último resultaría más caro que los jornales invertidos realizando el trabajo a mano.

Jornales pagados en trabajo a mano :

$$\begin{aligned} & \text{S/. } 1.97 \times 20 \times 3 \times 8 \div \text{proporcional dominical.} \\ & 945.60 \div \frac{15.76 \times 20}{2} = \text{S/. } 1103.20 \end{aligned}$$

Lo cual resultaría más económico que pagar el alquiler de una pala, su transporte, el jornal del maquinista y su proporcional de dominical.

Distribución del Trabajo.-

Esparcido de los 360 m<sup>3</sup> .- Se hará por medio de camiones los cuales al llegar al punto de esparcido avanzarán a marcha lenta, con la compuerta abierta en una cantidad constante (10 o 20 cm) y levantando poco a poco la caja.

Distancia por recorrer promedio 650 m

Ida a 20 Km/H.	2	minutos.
Regreso a 45 Km/h.	-	0.86 minutos.
cuadrar	-	2.00 minutos.
En cargar	-	17.50 minutos.
En esparcir		2.00 minutos.
Tiempo Total para mover 15m <sup>3</sup> (5 camiones)	24.36	minutos. 0.406 horas.

° de ciclos de 15 m<sup>3</sup> .-  $360 : 15 = 24$  viajes del conjunto de los camiones.

al de horas empleadas en esparcir : 9.75 horas.



cabo de 78.37 horas, el tractor N° 1 termina con los tramos  
0, I, II, III, IV, V, VI, VII.

cabo de 78.37 horas el tractor N° 2 ha terminado el tramo VIII  
y le faltan  $65.5 \text{ m}^3$  o 1.93 horas para terminar el IX.

Al término de 78.37 horas, entran a trabajar los camiones esparci-  
dores, los cuales demoran 9.75 horas.

O sea que cuando el Tractor N° 2 pasa a trabajar al  
Tramo X, ya los camiones llevan trabajando 1.93 horas y  
les falta:  $9.75 - 1.93 = 7.82$  hrs. para terminar.

Los dos tractores acaban los Tramos X y XI en 6.04 horas, o sea  
6.04 hrs. después de que el tractor N° 2 entró a estos tramos a  
ayudar al N° 1

O sea que cuando los tractores acaban con los Tramos X  
y XI, a los camiones les faltan :

$7.82 - 6.04 = 1.78$  hrs. para terminar el esparcido.

El trabajo de los Tractores en el Tramo XII demorará 3.55 hrs. o sea  
que como a los camiones les faltan 1.78 hrs. para terminar, éstos  
(camiones) terminan su trabajo, quedando un margen de:

$3.55 - 1.78 = 1.77$  horas.

Tiempo durante el cual ya están trabajando los camiones encargados  
de llenar el material al Tramo entre las estacas  $90 \div 3.00$  y  $92 \div 3$ .

Como el tiempo que demoran éstos en terminar su trabajo es de 2.8  
horas de trabajo, o sean :

$2.8 \times 8$  hrs.                      22.4 horas.

Como llevaban ya trabajando 1.77 hrs. les quedará aún :

$22.40 - 1.77$                       20.63 horas.

todo lo anterior se deduce que el tiempo total empleado por el equipo en el movimiento de tierras será de :

$$6.04 + 3.55 + 20.63 = 108.59 \text{ horas.}$$

Que equivalen a : 13.5 días de trabajo.

uí o Mecánico.-

## 2 Tractores Caterpillar D-8 con empujador modelo K-8

Potencia en la barra de tracción.

100 a 140 HP.

Largo 4.82 m.

Ancho 2.64 m.

Alto 2.29 m.

Peso 18,850 Kg.

5 camiones Ford F-900 volquetes con caja de 3 m<sup>3</sup>.

losivos.-

Generalmente se clasifica al material de III<sup>a</sup> y a la roca blanda dentro de un mismo grupo, lo cual está bien cuando se trata de materiales ya desagregados y se les va a mover, pero tratando se les a la forma para proceder a su desagregación, no puede hacerse uso el mismo tipo de explosivo, pues en los conglomerados se puede usar perfectamente la pólvora negra, no así en la roca blanda, en la al este explosivo de flagrante deja aún trozos relativamente grandes, por lo cual en el presente proyecto se usará como explosivo la namita en cartuchos y por supuesto los fulminantes adecuados.

Existen fórmulas empíricas para calcular la carga necesaria como:

$$C = h^3K$$

ndo K 0.1 para roca blanda.

h. la profundidad del taladro.

Para el presente proyecto se hará uso de los datos prácticos obtenidos del manual de Hütte para determinar la cantidad de explosivos.

Por  $m^3$  de roca blanda se necesitan 0.15 Kg. de dinamita.

Del pliego de cubicación obtenemos que el volumen de roca blanda por cortar es de :

$$V = 4,739.19 m^3$$

para el cual se necesitarán

$$C = 0.15 \times 4813.35 = 711 \text{ Kg. de dinamita.}$$

El explosivo .- Viene en cartuchos de 8" x 1" (Hay otras dimensiones) los cuales se encuentran en cajones de 0.40 x 0.30 x 0.25 m. con 240 unidades y con un peso de 50 libras de explosivo, por lo cual cada cartucho tiene 0.10 Kg. de sustancia detonante.

La cantidad de cajones por adquirir será de :

$$240 \times 0.10 = 24$$

$$711 : 24 = 30 \text{ cajones.}$$

Se prevé un exceso teórico de 96 cartuchos, los cuales no se desperdiciarán pues un cierto porcentaje de los adquiridos pueden malograrse, ser necesaria la ejecución de nuevos tiros para obtener mayor desagregación o bien puede suceder que no se haya atacado bien la perforación con lo cual no se obtendría con el cartucho usado los resultados esperados.

Chas de Seguridad.- En ellas se producen las chispas que hacen detonar el fulminante.

La sección de la mecha es de 5 milímetros y la del reguero de pólvora que corre a lo largo de su eje es 2.5 milímetros. La velocidad a la que arde se estima en 0.60 metros/minuto, siendo conveniente un tiempo prudencial entre su encendido y la explosión, de manera que el personal pueda buscar abrigo, tiempo éste que estimaremos en 120 segundos ( 2 minutos) . La longitud de mecha será entonces de 1.20 metros más 30 centímetros para encendido de cada tiro de 3 cartuchos lo cual representa una longitud de mecha por adquirir de :

$$\frac{7110}{3} \times 1.50 = 3,555 \text{ m.} = 11,700 \text{ pies}$$

Vemos pues que el número de tiros será:

$$3,555 : 1.50 = 2,370$$

Ya que se han considerado 3 cartuchos por tiro ( 3 x 0.20 x 0.60) dado que el promedio de las alturas de corte es de 1.50 m. lo cual deja un margen aceptable para un buen atacado.

Dado que la longitud de la mecha por tiro será de 1.50 m. el número de fulminantes a usar es :

$$3,555 : 1.50 = 2,370$$

Fulminantes.- Son los que al explotar producen a su vez la explosión de la carga.

Se adquirirán fulminantes N° 6 que tienen 4cm. de largo y 6 milímetros de diámetro, los cuales vienen en cajitas de lata de 100 unidades.

Cantidad necesaria : 2.370 fulminantes.

Cantidad por adquirir : 2, 400 unidades.

lo que representa 24 cajitas.

Equipo mecánico para perforación.-

Compresora BROOMWADE modelo SV 606 de 500 ~~pies~~ cúbicos, con las siguientes características.

Peso bruto 7595 Kg.

Peso neto 6604 Kg.

Acciona 8 perforadores ligeros o 5 medianos.

Largo 5.23 m.

Ancho 1.83 m.

Alto 2.25 m.

Motor Diesel Ruston 6VPH de 1100 RPM

Número de unidades por adquirir : 2

Rendimiento y tiempo de trabajo.

He estimada un avance diario por unidad de perforación en roca blanda de 33 m/ ya que dada la calidad del material por perforar esto es posible más aún considerando el gran rendimiento de los perforadores medianos de los que se va a hacer uso.

Perforadores.- Modelo J-50 montada sobre ruedas.

Peso 28.5 Kg.

Largo 60 cm.

Manguera de aire de 3/4"

Espiga de acero de 1" x 4 1/4

Brocas modelo Carset de 1 3/8"

10 aceros que rendirán 180 ml. de perforación antes de enviarseles a aguzar.

Dado que esta compresora permite actuar a 5 perforadoras simultáneamente, el avance diaria conjunto será de

$33 \times 5 = 165$  m/. por perforadora

Longitud total de perforación.

2,370 tiros x 1.50 m. de profundidad promedio

Lt. 3,555 m.

Tiempo que se tardará en efectuar todas las perforaciones

T 3,555 : 165 x 2 10.8 días.

Trabajo con explosivos .- Al ejecutar los tiros habrá que tener presente los resultados que se deseen obtener, para que según ellos se disponga la forma de su ejecución.

Los taladros se harán en lo posible en sentido paralelo a los estratos, ya que en caso fueran **perpendiculares a ellos**, la explosión pierde gran parte de su efecto ya que los gases se escapan por las fisuraciones.

La profundidad a que se perforan los taladros será un poco mayor que la necesaria, con el objeto de evitar que queden puntas que sobrepasen del nivel de la rasante,

En el caso que sobre la zona de roca por volar hubiera tierra, se hará un " raspado ", el cual consiste en la previa eliminación de éste material antes de ejecutar los taladros.

La primera operación a realizar será el trazo de los taladros o sea ubicarlos en la forma más conveniente, de manera que los tiros sigan la línea de menor resistencia y que los conos normales se superpongan; esta operación, dada su importancia, requiere gran experiencia para obtener el máximo rendimiento de los tiros.

La situación y disposición de los taladros se hará de acuerdo al terreno y al tipo de trabajo a efectuar.

En el presente proyecto se han considerado tres formas diferentes de cortar para obtener la plataforma .

A) Corte en media ladera, en el cual el material de corte sirve para LA EJECUCION DEL RELLENO que existe en la misma estaca, en cuyo caso se disponen tiros de pequeña carga a 1.50 o 2.40 m. uno del otro

otro con el objeto de obtener el fisuramiento del material pero no su expulsión a gran distancia .

B) Corte en ladera en el cual el material de corte no se aprovecha para lo cual se ejecutan tiros de fuerte carga separados entre si igual que en el caso A, con lo cual se obtiene el ahorro en mano de obra y transporte que se invertiría en arrojar el material.

C) Corte en trinchera se ejecuta colocando cargas de gran fuerza separadas entre si en una magnitud igual a la profundidad del corte, en hileras de cargas de explosión simultánea cuya separación (entre la que ha hecho explosión y la próxima por explotar) es un poco mayor que la altura de corte.

En caso de cortes profundos, las cargas de gran fuerza se colocarán separándolas entre si en una magnitud igual a la mitad de la altura del corte y distanciando las hileras del taladros una cantidad igual a la anterior, procediéndose luego a efectuar un disparo total y simultáneo.

Nota .- Para todos los casos, en general, al ejecutar los taladros estos deberán tener una profundidad un poco mayor que la altura de corte.

#### Construcción de rellenos.-

Para la ejecución de los rellenos se tendrá primeramente que hacer un estudio profundo de las características geológicas de los suelos a fin de identificar sus cualidades, con el objeto de ve-

rificar su composición, naturaleza, cohesión, porosidad, permeabilidad, humedad, etc... datos estos que permitirán la formación de terraplenes de primera calidad, ya que su solidez y estabilidad dependen de la calidad y distribución de los materiales que lo forman, así como de las condiciones del terreno sobre el cual se apoyan. Se deberá tener especial cuidado en la eliminación de las plantas y materias orgánicas susceptibles de descomponerse, pues al suceder esto se producen vacíos en el soporte del terraplén lo cual conducirá a posteriores asentamientos. En lo que a las obras de drenaje respecta, estas tendrán que ejecutarse con antelación de ser posible o en caso contrario avanzar paralelamente a la construcción de los rellenos.

Al constituir los terraplenes, el primer factor a considerar será la naturaleza de los materiales que lo van a formar, para lo cual se hará uso de la clasificación del Bureau of Public Roads, en la cual los materiales se encuentran clasificados en 8 categorías según sus características de compactación y condiciones de bondad para la formación de rellenos. De acuerdo a la naturaleza del terreno especificado para el presente proyecto, los primeros 400 metros pertenecen al grupo A-2 y los últimos 600 metros al A-3, cuyas características son las siguientes

Grupo A-2.- Escasa graduación.

Estables cuando están secos.

Máximo peso seco 120 - 130 lbs/pie cúbico.

Humedad Optima en % de peso 9-12.

Compactación máxima requerida 90%

Bueno para rellenos hasta de 15 metros de alto.

Grupo A-3.- Material grueso solo sin aglutinante.

Muy bueno cuando están confinados.



Máximo peso seco 120-130 lbs/ pie cúbico.

Humedad Optima en % del peso 9-12.

Compactación máxima requerida 90.%

Bueno para rellenos hasta de 15 m de alto.

Dentro de los primeros cuatrocientos metros, en caso de tener el suelo un cierto contenido de agua, será presiso hacer uso de una capa impermeabilizadora con el objeto de que el agua inferior no ascienda por capilaridad y destruya la subrasante.

En la ejecución misma de los terraplenes se deberá tener presente que los taludes tengan como mínimo el de reposo del material que lo forma, siendo conveniente que este sea un poco más tendido que el especificado por las Normas Peruanas, pues con ello se le dá más resistencia para la absorción de los esfuerzos cortantes producidos, sobre todo cuando los rellenos son de altura apreciable.

Ejecución del relleno.- se hace extendiendo el material que lo forma en capas uniformas de 20 centímetros, variando el espesor de estos de acuerdo al tipo de rodillo a usar, siendo los más convenientes los de pata de cabra para los primeros 400 m, ya que en relleno de roca son inoperantes.

Al ser extendido el material no tiene cohesión y presente un gran porcentaje de vacíos, los cuales deben desaparecer para lograr: estabilidad, que se consigue por compactación, con lo cual la vibración y peso del tránsito no producen asentamientos y máxima densidad, obtenible añadiendo lubricante (agua) al material hasta obtener el Optimo Contenido de Humedad; con el cual se consigue inalterabilidad en forma y volumen de la masa de suelo.

De lo anteriormente expuesto se deduce que luego de ser extendida una capa de material se procederá a añadirle agua hasta obtener el óptimo

contenido de humedad ( la cantidad de agua en peso a añadir guardará la misma proporción con el peso del material usado extendido que la que la guardaron el agua y el material usado en el laboratorio durante la prueba en la cual se determinó el óptimo contenido de humedad de ese suelo).

### Método de Proctor.-

La determinación del Optimo Contenido de Humedad ideada por el Profesor R. R. Proctor se basa en el principio de que al estar los suelos en estado seco, las partículas de él presentan cierta resistencia a acomodarse debido a la fricción, pero si por acción de un lubricante se reduce esta resistencia hasta vencerla, se facilitará el movimiento de las partículas resultando posible comprimir la masa de material hasta su forma más densa.

Los estudios llevados a cabo por él demostraron que para cada tipo de suelo existe un determinado contenido de humedad, llamado Optimo Contenido de Humedad, con el cual se obtiene la máxima densidad bajo una presión de compactación dada.

De acuerdo a lo anteriormente anunciado, si a un suelo se le somete a un esfuerzo de compactación y se le incrementa el contenido de humedad, la densidad irá aumentando hasta llegar a un momento a partir del cual comienza a decrecer debido a que ya el agua no está actuando como lubricante sino como agua libre.

El porcentaje de humedad de un suelo basado en su peso seco, con el cual se obtiene la máxima densidad bajo un esfuerzo de compactación dado, es lo que se denomina Optimo Contenido de Humedad.

La máxima densidad está en razón directa al esfuerzo de compactación , pues si se aumenta la presión mateniendo constante el contenido de humedad, la densidad aumenta; pudiendose obtener la máxi-

ma densidad con un contenido de humedad inferior al óptimo. Se ve pues que para un suelo dado existen tantas humedades óptimas como intensidades de esfuerzos empleados den una máxima densidad.

Teóricamente sería lo más conveniente usar la mayor presión posible de compactación para obtener las máximas densidades, pero en la práctica esto es imposible, tanto debido al límite en peso y dimensiones de los equipos como porque existe una determinada densidad que es suficiente para dar al camino la estabilidad necesaria.

La máxima densidad y la óptima humedad para un suelo dado se determinan en el laboratorio mediante la prueba de compactación y densidad de Proctor, denominada por la AASHO como la prueba número T - 99 - 49.

Para la prueba se toman 6 libras de material que pase por la malla N° 4 y se le mezcla con una cantidad de agua que la humedezca ligeramente pero totalmente. Se le coloca en tres capas en un molde de 1/30 de pie cúbico y de 4" de diametro interior; cada capa es uniformemente compactada por medio de 25 golpes de una barra cilíndrica de 5.50 libras de peso y 2" de diámetro que se deja caer de una altura de un pie. Se determina luego el contenido de humedad en base al peso del material seco.

A continuación se procede a incrementar cada vez en aproximadamente un 2% la cantidad de agua y luego de hecha la compactación se van determinando en cada prueba los contenidos de humedad y las densidades así como los pesos; estas pruebas se continúan hasta que se produzca una notable disminución en el peso del material, obteniéndose de esta manera una serie de relaciones humedad - densidad.

Tomando como ordenadas las densidades y como abscisas los contenidos de humedad se obtiene una curva parabólica cuyo vértice marcará el Optimo Contenido de Humedad que dá la máxima densidad para fuerza de compactación que se ha usado.

De acuerdo al grupo en que se ha clasificado al terreno en los primeros 400 metros vemos que tendremos que añadir en cada faja de 1 m. de largo de camino, una cantidad de agua que fluctúa entre 144 y 192 lts., o sean 38.1 y 50.7 galones (9 a 12% del peso del suelo seco : 1600 Kg/m<sup>3</sup>), lo cual se hará por medio de tanques montados sobre camiones.

Una vez añadida el agua conveniente se procederá a ejecutar la compactación luego de comprobarse que se ha producido un humedecimiento uniforme de toda la capa, por medio de un rodillo marca Hüber de 14 toneladas con tres ruedas especiales para compactación con las cuales será usado en los primeros 400 m., cambiándose luego éstas por los rodillos standart para el resto del camino.

Características del rodillo Hüber a utilizar :

Peso : 13608 Kg.

Motor Diesel.

Ancho de la superficie de rodadura : 1.90 m. = 6'4"

Longitud: 5.50 m.

Alto : 1.90 m.

Tiempo empleado en la Compactación.-

El tiempo a emplear en la compactación es función directa del rendimiento del equipo, el cual viene dado por la fórmula :

$$R = \frac{E \times 60 \times S \times W \times D}{N} = \text{m}^3 \text{ de material suelto compactado por hora.}$$

En la que :

E = Factor de eficiencia = 0.6

S = Velocidad en metros/minuto.

W = Ancho efectivo del rodillo, en metros = 1.90

D = Espesor de la capa de material, en metros 0.20

N = Número de pasadas del rodillo 10

Sustituyendo valores se tiene :

a) Para material suelto.-

$$R = \frac{0.6 \times 60 \times 80 \times 1.90 \times 0.20}{10} = 110 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

habiéndose usado para determinar S, el valor correspondiente a marcha intermedia, o sea 3 M. P. H.

$$S = \frac{3 \times 1,600}{60} = 80 \text{ m/min.}$$

b) Para roca .-

$$R = \frac{0.6 \times 60 \times 40 \times 1.90 \times 0.20}{10} = 55 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

usándose para S el valor de marcha en primera 1.5 M. P. H.

$$S = \frac{1.5 \times 1,600}{60} = 40 \text{ m/min.}$$

De estas consideraciones y conocidos los volúmenes por compactar se obtiene el cuadro siguiente :

<u>TRAMO</u>	<u>VOLUMEN A COMPACTAR</u>	<u>RENDIMIENTO m<sup>3</sup>/h.</u>	<u>TIEMPO EMPLEADO EN HORAS.</u>
0	360	110	3.75
I	820	110	7.45
II	740	110	6.72
III	540	110	4.90
IV	930	110	8.45
V	30	55	0.55
VI	810	55	14.70

<u>TRAMO</u>	<u>VOLUMEN A COMPACTAR</u>	<u>RENDIMIENTO m<sup>3</sup>/h.</u>	<u>TIEMPO EMPLEADO EN HORAS.</u>
VII	720	55	13.10
VIII	1040	55	18.90
IX	1810	55	32.90
X	370	55	6.72
XI	570	55	10.35
XII	<del>440</del>	55	8.00
DE			
90 ÷5.00	800	110	7.27
92 ÷8.00			
	9410	TOTAL	143.76

$$\text{Rendimiento promedio} = \frac{9410}{143.76} = 65.5 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

#### Construcción de rellenos de roca.-

En el presente proyecto dado el elevado porcentaje de roca que existe en los últimos 600 metros, en este tramo no tendrá objeto controlar el contenido de humedad de los suelos que como se ha indicado anteriormente será esparcido sobre la roca, la cual por efecto de los explosivos estará suficientemente desmenuzada, procediéndose luego a pasar un rodillo de cilindro para ejecutar la compactación.

#### Sub-rasante y Sub-base.-

La sub-rasante es la superficie terminada de los rellenos, sobre la cual se dispone el afirmado, motivo por el cual su acabado debe ser extremado ya que cualquier desperfecto en ella se traducirá en falta en la superficie de rodadura.

La sub-base es una capa de material de buena calidad que se dispone sobre el material de relleno cuando la naturaleza de éste no permite un buen acabado de su superficie como para obtener un sub-rasante

conveniente. De acuerdo a la naturaleza del terreno del presente proyecto no se hará uso de sub-base en los primeros 400 metros, siendo necesaria su presencia en los últimos 600 metros en los que el material rocoso de relleno no permite un buen acabado de superficie.

Una vez lista la superficie del terraplen con material conveniente para una buena terminación se procede a pasar los rodillos de cilindro en pasadas sucesivas y montadas a todo lo ancho de la superficie hasta obtener un acabado liso y uniforme, recomendándose el estacado y nivelación de la superficie de manera de poder subsanar los defectos que pudieran existir en forma oportuna.

#### Drenaje.-

El elemento cuyo efecto es más nocivo para la estabilidad de un firme es el agua, sea cual sea la forma en que se encuentra presente ya que si el agua en reposo desarrolla su acción de ablandamiento y si es agua en movimiento destruye por erosión, no debiendo olvidar de agua subterránea la cual asciende por capilaridad a travez de los materiales de relleno, produciendo la destrucción del firme y por ende del pavimento. Por lo anteriormente expuesto se comprende la gran importancia que tienen para la duración de un camino el proyectar efectivos sistemas de drenaje tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas.

#### Estructuras destinadas a la eliminación del agua superficial.-

Existen básicamente tres tipos de estructuras, a saber :

a) Badenes.- Son obras destinadas a hacer pasar el agua sobre la carretera y al mismo nivel de la rasante, para conseguir lo

cual se dará a ésta una pequeña inflexión, permitiéndose así que el agua eventual de quebradas pase.

En lo posible debe evitarse este tipo de obras, pues los vehículos para pasarlas deben bajar mucho su velocidad, aparte que existe el inconveniente del paso sobre agua.

b) Sifones.- Estas estructuras se usan cuando la carretera corta una acequia de regadío, y dado lo bajo de la rasante no hay altura suficiente para construir una alcantarilla.

Consisten especialmente en dos pozos rectangulares unidos entre si por un tubo que pasaa bajo la carretera, funcionando el sistema por el principio de vasos comunicantes. Se construirán en concreto para que resistan las presiones laterales y para evitar las filtraciones.

c) Alcantarillas.- Son estructuras destinadas a hacer pasar el agua por debajo de la carretera, estando cubiertas por el terreno en los cortes y enterradas en los rellenos, ubicándoselas de manera tal que no interfieran ni con la pendiente ni con los alineamientos asumidos.

Pueden ser de acción rectangular o circular, debiendo ser diseñadas bajo el concepto de que su capacidad sea suficiente para desalojar el agua con rapidez.

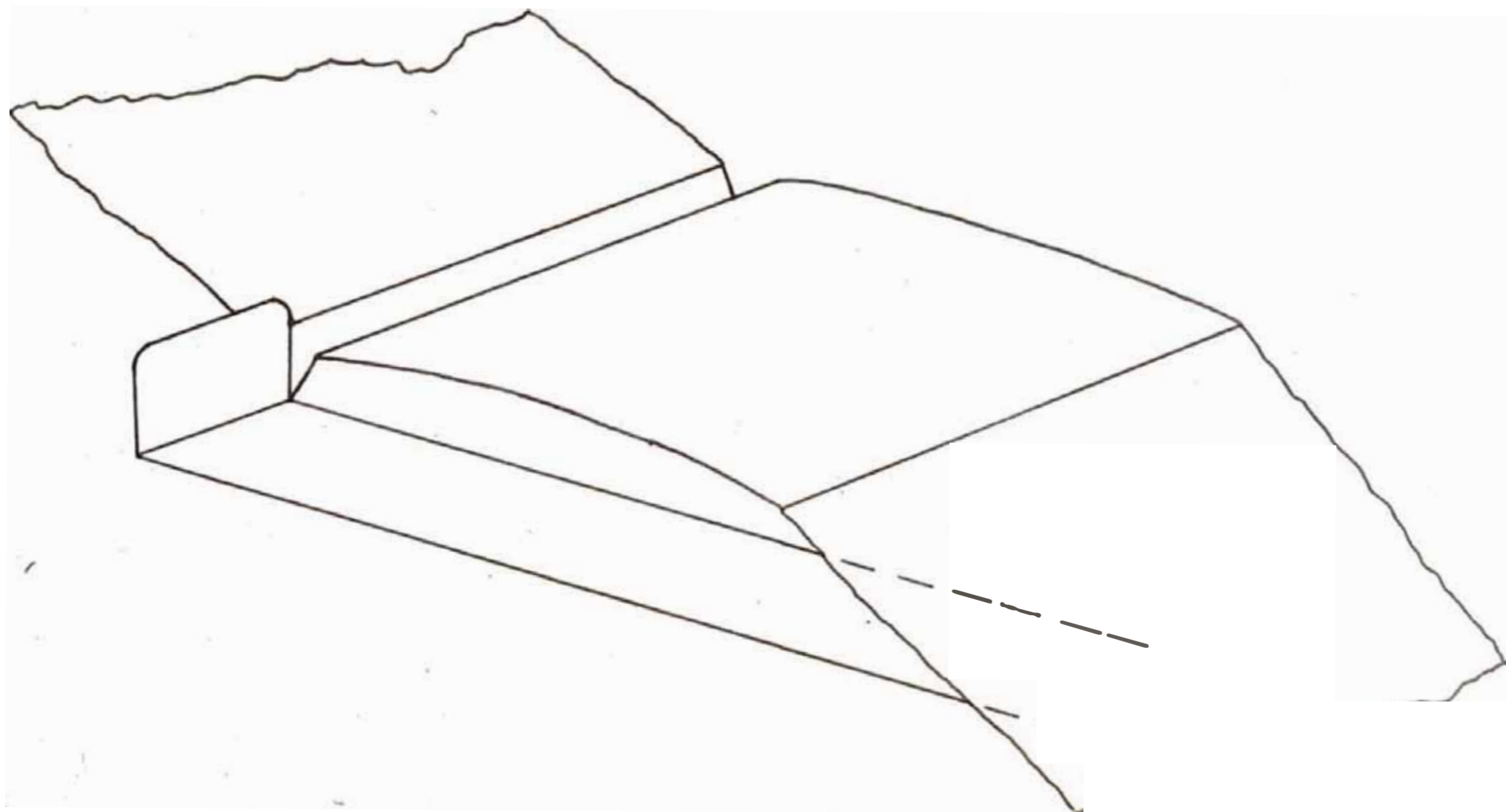
Deben además reunir las condiciones de resistir las cargas de los rellenos y del tránsito, así como de tener la pendiente adecuada. La salida estará en la misma dirección que su eje longitudinal para evitar cambios de dirección que perjudiquen el libre movimiento de las aguas.



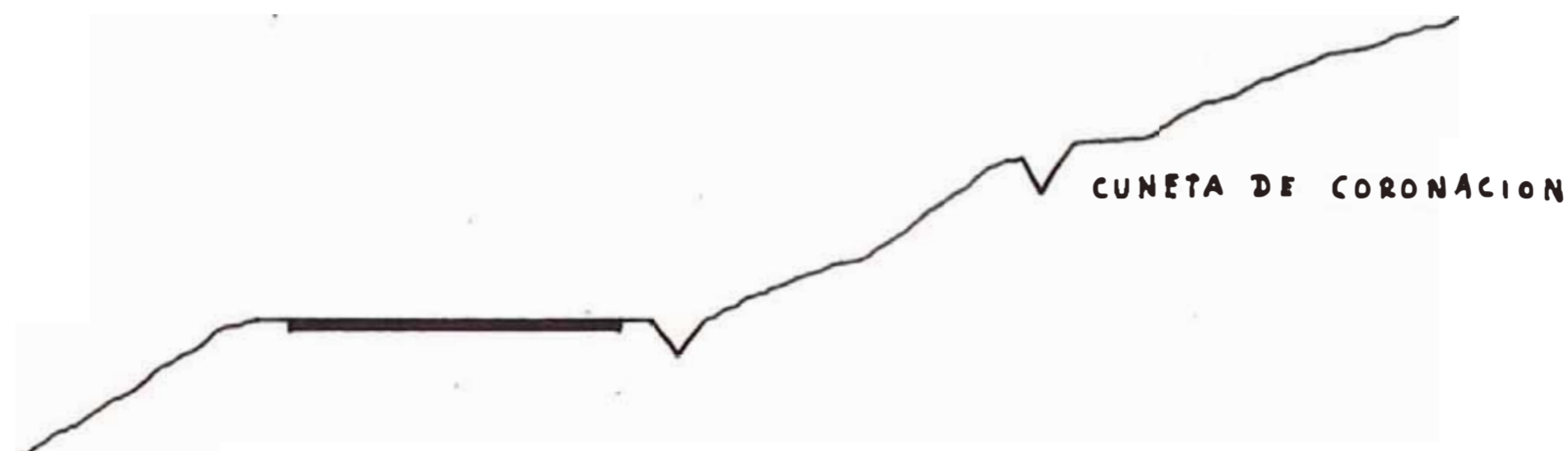
Su eficacia.- para llevarlo a cabo es que se dispone el bombeo de la superficie de rodadura, de manera que el agua que se precipita reg hacia los costados, cayendo a las cunetas las cuales son de sección angular de 30 cm de alto por 50 cm. de ancho, dimensiones estas recomendadas por las Normas Peruanas para zona de sierra. Las cunetas son paralelas al eje del camino y debe procurarse su revestimiento cuando la pendiente de ellas es pronunciada y los materiales en que se la ha excavado son fácilmente erosionables. Dado que se hace necesaria la eliminación del agua en esta forma encauzada se provee cada cierta distancia de alcantarillas, las cuales se ubican transversalmente al camino permitiendo la evacuación. La ubicación de las alcantarillas en el presente proyecto será la siguiente:

- Alcantarilla N° 1 - Salida del punto 1.
- Alcantarilla N° 2 - Estaca 14 + 10.00 m.
- Alcantarilla N° 3 - Estaca 52.
- Alcantarilla N° 4 - Estaca 78 + 6.50.
- Alcantarilla N° 5 - Estaca 10.

En el punto de salida del agua de la alcantarilla hay que tener especial cuidado de manera que el elemento eliminado sea efectivamente alejado de las inmediaciones del camino de manera que no vaya a socavar la base de los rellenos en los cuales se ha ubicada.



Drenaje de los taludes en corte.- para evitar la erosión de estos taludes se dispondrá en los primeros 400 metros de cunetas de coronación, El drenaje de estas aguas recogidas se hará aprovechando de las alcantarillas existentes, lo cual se conseguirá acentuando un poco la pendiente respecto a la de



las cunetas bajas en las proximidades de las alcantarillas.

#### DRENAJE DE AGUAS SUBTERRANEAS.

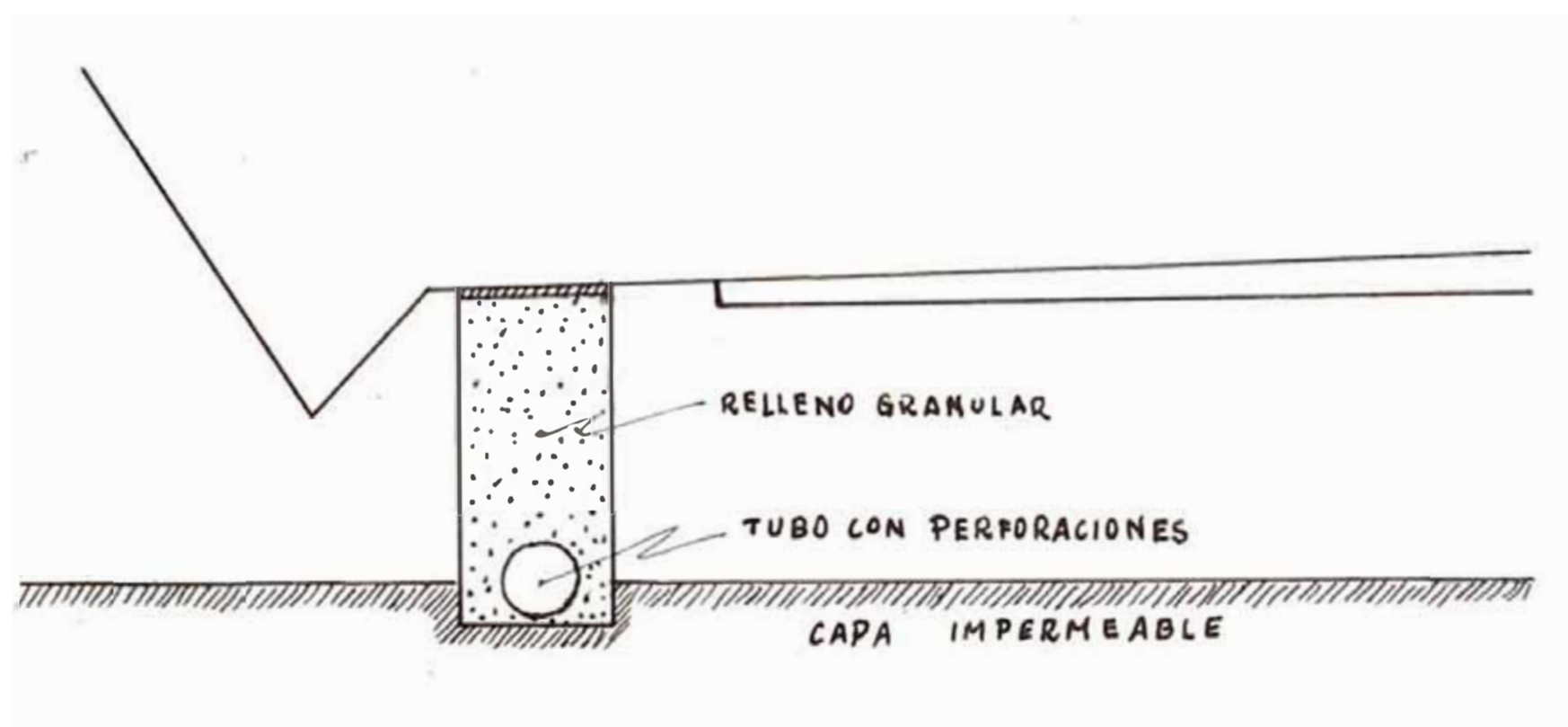
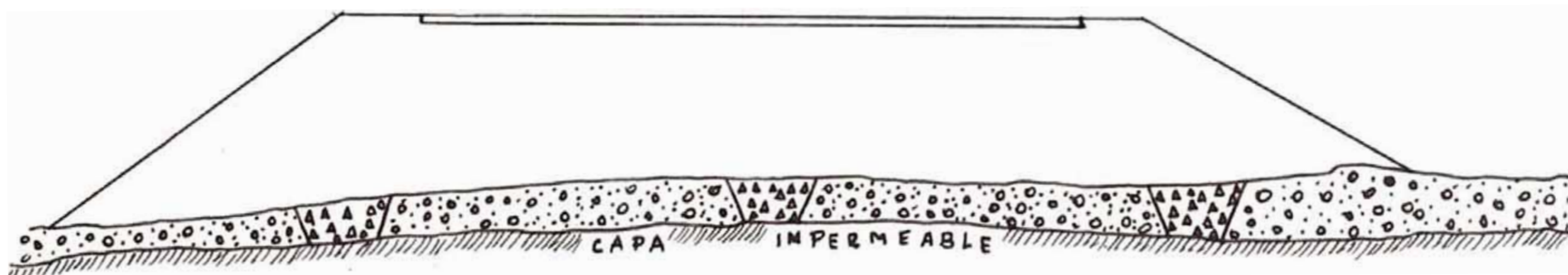
Drenaje de terraplenes.- Debido a que las aguas tienen el efecto de lubricante se pueden producir deslizamientos entre el material permeable y el impermeable, para evitar lo cual se hace necesaria la construcción de drenes interceptores para que colecten esta agua subterránea procediendo luego a su eliminación.

Los drenes interceptores son zanjas longitudinales que se contruyen en el terreno natural y se rellenan con material granular antes de proceder a la construcción del terraplén, existiendo cada cierta distancia y en los puntos más bajos drenes transversales de desagüe los cuales eliminan el agua captada por los drenes interceptores.

Otro sistema de drenes interceptores es el constituido por una zanja que se apoya en una capa impermeable (en caso de apoyar en material permeable se pondrá en el fondo de la zanja una capa de 4" de material impermeable) y va rellena de material granular hasta una altura igual a la de la mapa freática, terminandose el relleno con material imper-

el cual sella la parte superior de la zanja para evitar la infiltración de aguas superficiales; en el interior de la capa de material granular se ubica un tubo que puede ser metálico o de arcilla, de 8", recomendando la ARMCO que los tubos metálicos tengan como mínimo 16 perforaciones de  $3/8$ " por pie lineal. Las perforaciones se encuentran solamente en la mitad del tubo, parte esta que deberá ponerse hacia abajo con el objeto de que el agua no entre por arriba.

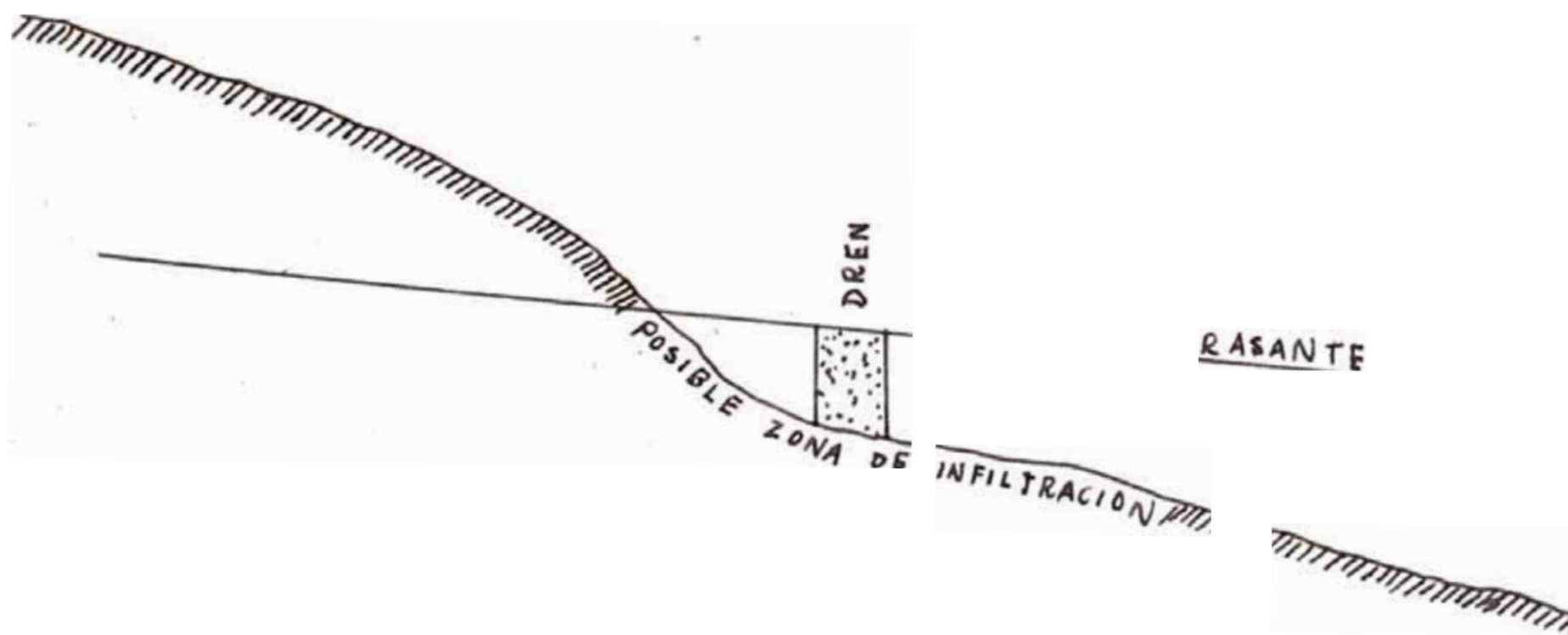
Los drenes transversales se harán de tubos ARMCO corrugados.



Dado que el nivel freático es casi paralelo a la superficie del terreno y pudiendo existir grietas en las laderas producidas por agentes exteriores de erosión, estas zonas así formadas presentan peligro de deslizamiento, el cual se disminuirá disponiendo un dren longitudinal arriba de manera de que baje el nivel freático.



Así mismo habrá que tener especial cuidado en los puntos de paso entre corte y relleno, pues allí, dada la diferente naturaleza de los suelos se presentan planos de ruptura, los que a su vez son zonas de filtración, siendo necesario ubicar un dren transversal para proveer a la eliminación del agua.

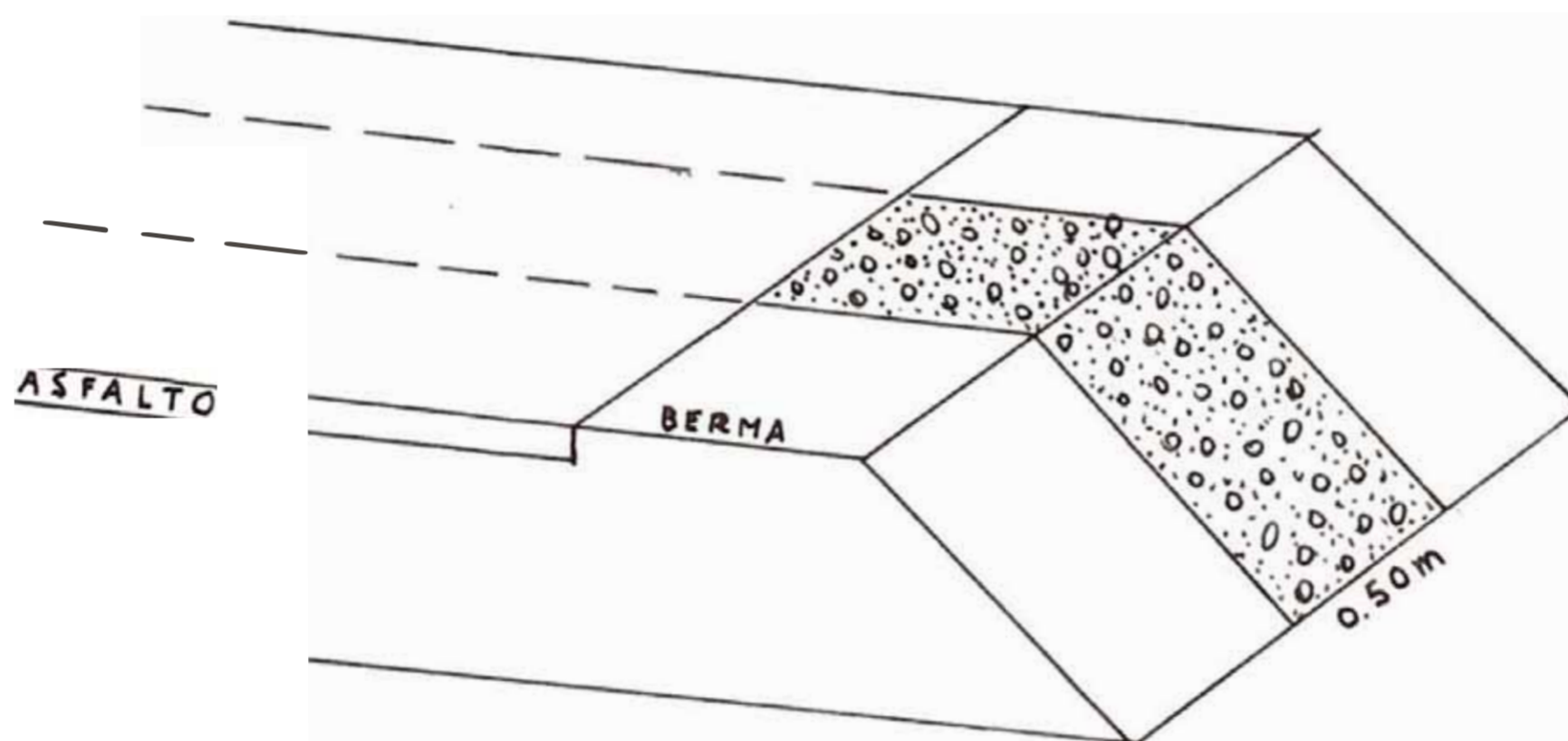


Nota.- En el presente proyecto, donde fuere necesario dentro de los primeros 400 metros se proveerá de estos sistemas de sub-drenaje, no así en los últimos 600 metros en los cuales dada la naturaleza del terreno no se hace necesaria su existencia. Cabe anotar que dado que el eje del camino es normal a la inclinación del terreno los drenes interceptores serán paralelos al camino y los de desagüe transversal a

### Drenaje de la base y pavimento.-

El agua capilar al colocarse una superficie asfáltica para la rodadura ya no podrá evaporarse, por lo cual luego de producirse su acumulación tenderá a subir, debilitando la superficie sobre la que se apoya el pavimento. El método que en el presente proyecto se ha usado para cortar el ascenso del agua capilar ha sido la compactación de los rellenos, con lo cual se consigue su efectiva anulación.

En lo que respecta al drenaje de la base, se llevará a cabo por medio de zanjas de material granular, transversales, que se dispondrán cada cierta distancia.



### Cálculo de una alcantarilla de 1.00 m . de luz.-

El tipo de alcantarilla a calcular será el tipo losa pues el hecho de que su construcción es más sencilla hay que agregar que es más económica comparando con la del tipo marco. Vamos a ejecutar un somero análisis de precios entre los dos tipos para una misma luz.

Comparación para  $L = 1.00 \text{ m}$ .

#### Alcantarilla tipo losa.

Concreto de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  (1:2:3)

Volumen de concreto:  $2.09 \text{ m}^3$

Cemento:  $9.6 \times 14.40 \times 2.09 : S/ 288.50$

Arena:  $0.51 \times 25.00 \times 2.09$  26.65

Piedra: 0.77 x 38.00 x 2.09 = S/	61.10
Total :	376.25
Fierro: 226 Kg z S/ 4.00:	904.00
Encofrado: 8.90 m <sup>2</sup> = 96 p <sup>2</sup> a S/3.00: <del>288.00</del>	
	-----
	S/ 1568.25

Estribos y alas: 1:3:6 con 30% de p.g.

Se ha considerado un h = 1.5 m. y prof. de ciment. de 0.8

Volumen de concreto: 11.70	
Volumen de pedrones: 5.80	
Cemento: 5.8 x 11.70 x 14.40 = S/	977.00
Arena : 0.46 x 11.70 x 25.00 =	135.70
Piedra : 0.92 x 11.70 x 38.00 =	409.00
Pedrones: 5.80 x 22	127.60
	S/ 1649.30
Encofrado: 434 p <sup>2</sup> a S/ 3.00	1302.00
<u>Costo Total: S/</u> 4519.55	2951.30

Alcantarilla tipo marco.

Concreto de 140 Kg/cm <sup>2</sup> (1:2:4)	
Volumen de concreto: 8.3 m <sup>3</sup>	
Cemento: 8.2 x 14.40 x 8.3 : S/	979.00
Arena: 0.47 x 25 x 8.3 =	97.50
Piedra: 0.90 x 38 x 8.3	284.00
Total:	1360.50
Fierro: 434 Kg a S/ 4.00	1736.00
Encofrado: 62.2 m <sup>2</sup> = 668 p <sup>2</sup> a S/3.00	2004.00
Costo Total.	S/ 5100.50

## Cálculo de una alcantarilla.-

Tipo: Losa simplemente apoyada.

Luz: 1.00 metro.

Ancho entre sardineles W: 7.00 m.

Calculada para una s/c : H15-S12.

Número de vías N: 2.

## Cálculo de la losa.-

Asumiremos un espesor de losa.

$$h = \frac{1}{15} L = \frac{1 \times 1}{15} = 0.07 \text{ m.}$$

Por considerar esta altura insuficiente pues no se podría ni siquiera distribuir correctamente el fierro, pues quedarían

$$7 \text{ cm} - 5 \text{ cm de recubrimiento} = 2.5 \text{ cm.}$$

se adoptará

$$h = 0.10 \text{ m.}$$

Los cálculos se hacen para una faja de 1 m. de ancho.

Peso propio :  $0.1 \times 1.00 \times 1.00 \times 2400 = 240 \text{ Kg.}$

Peso asfalto:  $0.05 \times 1.00 \times 1.00 \times 2000 = 100 \text{ Kg.}$

Peso Total                      340 Kg.

Momento de peso propio =  $\frac{WL^2}{8} = \frac{340}{8} = 42.5 \text{ Kg-m.}$

Ancho efectivo.

Como está armada paralelamente al tránsito y L es mayor de 12 pies

$$E = \frac{3.05 N \pm W}{4 N} = 1.64$$

Teniendo como máximo  $E = \frac{W}{2N} = 1.75$  mayor que el valor de E determinado.

Impacto.

$$I = \frac{50}{328L \pm 125} = \frac{50}{3.28 \pm 125} = 0.393$$

Pero el Impacto máximo según reglamento es el 30%.

Por lo tanto  $I = 0.30$

Momento debido a la sobre carga.-

La posición más desfavorable, que dá el máximo momento es cuando el eje trasero se encuentra en el centro de la luz.

Peso eje trasero =  $12 \times 0.453 = 5440 \text{ Kg.}$

$$M_{s/c} = \frac{PL}{4E} = \frac{5440}{4 \times 1.64} = 832 \text{ Kg-m.}$$

$$M_{\text{impacto}} = 0.3 \times 832 = 249.50 \text{ Kg-m.}$$

$$\text{Momento total : } 42.5 \dagger 832 \dagger 249.50$$

$$M_t = 1124 \text{ Kg-m.}$$

Determinación de la altura útil.-

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n f_c}} \quad \text{siendo}$$

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c = 0.4 f'_c = 84 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$n = 10$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1400}{10 \times 84}} = 0.375$$

$$J = 1 - \frac{k}{3} = 0.875$$

$$K = \frac{1}{2} f_c k_j = 13.8$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{K b}} = \sqrt{\frac{1124 \times 100}{100 \times 13.8}} = 9.04 \text{ cm.}$$



$$d = 10 \text{ cm.}$$

lo cual con 3 cm. de recubrimiento dá

$$h = 16 \text{ cm.}$$

Vamos entonces a calcular nuevamente el peso propio y su respectivo momento.

$$\text{Peso Propio} = 0.16 \times 1.00 \times 1.00 \times 2400 = 384 \text{ Kg.}$$

$$\text{Peso Asfalto} = 100 \text{ Kg.}$$

$$\text{Peso Total} = 484 \text{ Kg.}$$

$$\text{Momento de peso propio} = \frac{484}{8} = 60.50 \text{ Kg-m.}$$

Luego los momentos serán:

$$\text{Momentos p.p} = 60.50$$

$$\text{Momento s/c} = 832.00$$

$$\text{Momento I} = 249.50$$

$$\text{Momento Total} = 1142 \text{ Kg-m.}$$

Chequeo de la altura útil asumida.

$$d = \sqrt{\frac{1142 \times 100}{100 \times 13.8}} = 9.12 \text{ cm.}$$

Se tomará:  $d = 10 \text{ cm}$  y  $h = 16 \text{ cm}$ . siendo  $M = 1142 \text{ Kg-m}$ .

Cálculo de las áreas de acero.

1) Acero Principal.-

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{1142 \times 100}{1400 \times 0.875 \times 11} = 8.5 \text{ cm}^2$$

De acuerdo a lo especificado por el reglamento la cuantía mínima.

$$p_g = 0.0112 b d$$

Lo cual equivale a

$$P_g = 0.0112 \times 100 \times 11 = 12.32 \text{ cm}^2$$

por lo tanto el area de acero principal.

$$A_s = 12.32 \text{ cm}^2$$

que represente  $\phi$  5/8 a 16 cm.

2) Acero de Repartición - es un porcentaje del acero principal, con un máximo de 50%

$$\% = \frac{100}{3.28xL} = 55.3\%$$

dado lo cual se adoptará

$$A_{s_r} = 0.5 \times 12.32 = 6.16 \text{ cm}^2$$

que viene a ser  $\phi$  5/8 a 32 cm.

3) Acero de temperatura.-

Se dispondrá en malla en la cara superior de la losa, mientras que en la cara inferior no habrá, puesto que según el reglamento: no se pone acero de temperatura en la cara y sentido del acero de repartición cuando éste es mayor que aquel; no poniendose tampoco en la cara y sentido del acero principal cuando la losa puede dilatarse libremente

$$A_s = 0.001 b d$$

$$A_s = 0.001 \times 100 \times 11 = 1.1 \text{ cm}^2$$

adoptando  $\phi$  3/8, este irá al espaciamiento máximo.

o sea  $A_s \text{ temp.} = \phi$  3/8 a 40 cm.

#### Cálculo de la viga sardinel.-

Considerando la rueda pegada al sardinel el ancho efectivo será

$$E' = E - \frac{E}{2} - \frac{\text{Ancho de llanta.}}{2}$$

La llanta se asienta 1" por tonelada de peso.

$$\text{Ancho de llanta} = 2.5 \times 12 = 30 \text{ cm.}$$

$$E' = 1.64 - 0.82 - 0.15 = 0.67$$

Asumimos una altura de sardinel de 10" o sea aproximadamente 26 cm. y un ancho de 20 cm.

$$h_{TOT} = 26 + 16 = 42 \text{ cm.}$$

Peso propio por metro:  $0.42 \times 0.20 \times 2400 = 204 \text{ Kg.}$

$$\text{Momento de Peso propio} = \frac{204}{8} = 25.50 \text{ Kg-m.}$$

Momento de sobre-carga 832 Kg-m.

Momento de impacto 249.50 Kg-m.

Momento Total 1107 Kg-m.

$$d = \sqrt{\frac{M}{K b}} = \sqrt{\frac{1107 \times 100}{20 \times 13.8}} = 20 \text{ cm.}$$

De acuerdo al reglamento que fija una altura mínima de sardinel adopta remos.

$$d = 36 \text{ cm.}$$

$$y \quad h = 42 \text{ cm.}$$

Cálculo del area de acero.

$$A_s = \frac{M}{f_{sj} d} = \frac{1107 \times 100}{1400 \times 0.875 \times 36} = 2.51 \text{ cm}^2$$

siendo por consiguiente.

$$A_s = 2 \emptyset 1/2$$

Esfuerzo Cortante.-

$$\text{Corte Máximo} = 5450 + \frac{204 \times 1}{2} = 5552 \text{ Kg.}$$

$$v = \frac{V}{b j d} = \frac{5552}{20 \times 0.875 \times 36}$$

$$v = 8.82 \text{ Kg/cm}^2$$

$v_{\text{max.}}$  sin estribos y con anclaje especial =  $0.03 f'c = 6.3 \text{ Kg/cm}^2$

$v_{\text{máx}}$  con estribos y con anclaje especial =  $0.075 f'c = 15.75 \text{ Kg/cm}^2$

Vemos pues que es necesaria la colocación de atribos.

El esfuerzo cortante que toma el concreto es

$$V_c = v b j d = 6.3 \times 20 \times 0.875 \times 36 = 3970$$

por lo cual

$$V_s = V - V_c = 5552 - 3970 = 1582 \text{ Kg.}$$

El espaciamiento entre estribos es

$$S = \frac{n a_s f_s j d}{V_s}$$

y si los estribos son de  $\phi 3/8"$

$$S = 40 \text{ cm.}$$

tendremos 3 estribos de  $\phi 3/8$

Colocados el primero y último a  $S/2$  del apoyo.

Estribos y alas.- no podrán calcularse pues no se conoce la altura de aguas que es la que nos fija la cota de cimentación y por ende la altura "h" a base de la cual se dimensionan el estribo y sus alas.

### Control de erosión.-

Este es el problema más serio que se tiene que afrontar al construir la carretera, especialmente en las zonas en que la precipitación pluviométrica es elevada.

Los suelos poco cohesionados son los más propensos a sufrir los efectos de la erosión, aunque en el caso de presentarse aguas que discurren a gran velocidad cualquier tipo de suelo puede ser afectado por éste fenómeno.

El problema del control de la erosión está íntimamente ligado con el drenaje ya que el elemento erosivo es el agua, y el mejor sistema de control consiste en desalojar las aguas de las proximidades de la vía con la máxima rapidez y eficiencia.

### Control de Erosión de las Cunetas.-

Cuando las cunetas están excavadas en el terreno natural y sin revestimiento, se les debe proyectar de manera que la velocidad del agua en ellas no exceda de 0.60 m/s. ya que ésta es el límite superior aceptable. Si la gradiente de la cuneta es del orden del 4% a 6% se recomienda colocar pequeños vertederos para que el agua no adquiera velocidades superiores a la límite. La diferencia de nivel entre los vertederos debe ser tal que la pendiente no pase del 2%.

En caso la pendiente, por motivos constructivos deba ser mayor del 6%, se revestirá la cuneta a todo lo largo de la zona de fuerte pendiente.

En el caso del presente proyecto todas las cunetas serán revestidas, lo cual si bien es cierto nos aumentará un poco el costo inicial, en cambio nos dará una gran seguridad en la previsión de la

erosión. Esta medida ha sido adoptada también debido a que en los primeros 400 mts. tenemos materiales sueltos, los cuales son sumamente susceptibles de erosión ya que en los 600 restantes se tiene roca, material en el cual será muy difícil construir una sección rectangular y regular, adoptándose por consiguiente la típica sección triangular.

#### Control de Erosión en los Taludes.-

Este es un problema que debe ser detenidamente analizado, pues el dejar una vía sin elementos de control de erosión en los taludes, significa que al cabo de un tiempo se habrán producido derrumbes, deslizamientos o desprendimientos en los cortes. La forma más efectiva de combatir la erosión en los taludes consiste en construir cunetas de coronación en los cortes y cunetas de base en los rellenos, las cuales se harán desembocar en las alcantarillas para que así las aguas sean rápidamente eliminadas.

En caso de existir corrientes de agua a los costados de los terraplenes, éstas deberán encauzarse pues representan un serio peligro para la estabilidad de éstos.

Un sistema efectivo para evitar la erosión en los taludes consiste en sembrar leguminosas sobre éstos, las cuales al crecer tienden una red de raíces evitando así el arrastre de los materiales. En caso de que los taludes sean muy amplios se cortarán en escalones y se sembrará en ellos.

Tratándose de corrientes sobre taludes de cortes y rellenos que no sean muy altos, será conveniente emplear empircados, consistentes en piedras acomodadas, acomodadas y unidas con barro o con morteros de cemento.

## C A P I T U L O III

### DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO Y OBRAS ACCESORIAS.-

Previamente al diseño de los pavimentos es necesario hacer un estudio de la naturaleza de los suelos sobre los cuales se cimentará.

Los suelos según sus condiciones han sido divididos en 2 grupos por el Bureau of Public Roads de los Estados Unidos de N.A.: Grupos A y B, siendo el primero formado por suelos de composición homogénea, los cuales reaccionan bajo la acción de los agentes que sobre ellos actúan, en forma regular; los del grupo B por ser de composición heterogénea no son convenientes para el uso en la construcción de carreteras.

Los suelos del grupo A, de acuerdo al tamaño de las partículas han sido clasificados en:

Arenosos.-  $A_1$   $A_2$  y  $A_3$  ; Limosos.-  $A_4$  y  $A_5$ ; Arcillosos que comprenden los subgrupos  $A_6$   $A_7$  y  $A_8$ . Recordando lo dicho en la construcción de los rellenos, y de acuerdo a la naturaleza de los suelos del Kilómetro en estudio, estos pertenecen a la sub-clasificación de Arenosos, variando los sub-grupos a que pertenecen entre el  $A_2$  y  $A_3$ , cuyas características han sido ya tratadas en el acápite Construcción de rellenos.

Estos suelos son de buena calidad para servir de cimentación al pavimento sea que este se encuentre en el fondo de un corte ejecutado o en la parte superior de un relleno, debiéndose hacer hincapié sobre la necesidad y conveniencia de una compactación máxima dentro del límite de Optimo Contenido de Humedad.

#### Base o afirmado.-

Una vez terminada la construcción de la sub-rasante se procederá a la colocación sobre ella del afirmado o firme, el cual estará forma-

do por una capa de material granular, el cual debe reunir ciertas condiciones de calidad y graduación.

La condición de granulometría fijada de acuerdo a la Mecánica de Suelos es la siguiente:

Malla	% que pasa
2"	100
1 1/2"	70-100
1"	55-85
3/4"	50-80
3/8"	40-70
# 4	36-60
# 10	20-25
# 40	10-30
# 200	5-15

Para el presente proyecto, de acuerdo a las especificaciones y previos análisis granulométricos se extraerá el material de afirmado de las canteras situadas a 3 Km. de la estaca 50.

Para la construcción del firme se procederá en la misma forma que para los rellenos, o sea que una vez extendido el material en una capa de 10 a 15 cm. de espesor, de acuerdo a la calidad del material se le regará hasta obtener el Optimo Contenido de Humedad, procediendose a la compactación por medio del rodillo "Huber" especial para compactación para luego pasar el mismo rodillo con las ruedas lisas hasta obtener un buen acabado.

Cabe hacer presente que el espesor del firme será solamente de 10 a 15 cm de acuerdo al material obtenido de las canteras.

Extracción del material de las canteras.-



Equipo a emplear.-

A) 2 Perforadoras BROOMWADE SV 606 de 500 pies cúbicos que actuarán cada una 5 perforadores medianos de roca.

Rendimiento en roca compacta 14 m<sup>3</sup> por día y por unidad.

Rendimiento diario total =  $14 \times 5 \times 2 = 140 \text{ m}^3$ .

Para la determinación del volumen a extraer se hará uso del Diagrama para Diseño de Pavimentos flexibles del Ing. F.V. Reagel.

Tipo de Suelo - A<sub>3</sub>

Límite líquido: menores de 35

Índice plástico: cero.

Porcentaje que pasa malla # 200 : 5% - 15%

Lectura del Gráfico N° 1: 0.

Lectura del Gráfico N° 2: 0.

Suma de Lecturas = Índice de Grupo = 0.

Bajando una perpendicular por el punto de I de G. Cero hasta cortar la curva de Servicio Extra Pesado, y del punto de corte trazando una horizontal hasta cortar el eje de Espesores, vemos que el espesor.

Pavimento + Base = 5"

y como el pavimento tiene un espesor de 2" tendremos que

Espesor de afirmado = 3" = 7.5 cm.

Volumen neto =  $0.075 \times 7.00 \times 1000 = 525 \text{ m}^3$

Considerando un coeficiente de esponjamiento (Natural a suelto) de 1.2.

Volumen a extraer =  $525 : 1.2 = 438 \text{ m}^3$

Nota.- No se ha tomado 1.4 como factor sino 1.2 para tener un coeficiente de seguridad, pues por la explosión cierto Volumen podría ser arrojado a distancias apreciables, por la que habría que deshecharlo, así como que debido a que es material de pequeña dimensión y graduado

el que forma el afirmado, existirá una cierta compactación.

Tomando como base que para roca dura se necesitan 0.2 Kg de dinamita por  $m^3$  tendremos

Cantidad de dinamita =  $438 \times 0.2 = 87.6$  Kg. lo cual equivale a 876 cartuchos, o sean 4 cajones de 240 unidades cada uno.

Dado que por tiro se pondrán 2 cartuchos, o sea, 40 cm (8" x 2") y puesto que los cartuchos ocuparán el 40% de la longitud del taladro tendremos.

Longitud del taladro: 1 metro.

Número de taladros =  $876:2 = 438$

Número de días para ejecutar las perforaciones.

$d = 438:140 = 3.1$  días.

Fulminante.- se adquirirán 438 o sea 5 cajitas.

Mechas de seguridad.- La longitud de cada mecha para tiro de 2 cartuchos será de 1 metro lo cual represente 438 metros o 1440 pies.

B) Chancadora Austin Western N° 1024 con zaranda circular de 32".

Potencia del motor 50 HP.

Peso: 9080 Kg.

Largo : 5.80 m.

Alto : 3.18 m.

Ancho : 2.06 m.

Rendimiento: Piedra graduada entre 1 1/2" y 1/8" - 15  $m^3$ /hora

Rendimiento diario: 120  $m^3$

Longitud de la faja transportadora: 7.70 m.

El tiempo que tardará la chancadora en producir el volumen de material necesario será

$$T = \frac{525}{120} = 4.4 \text{ días.}$$

Dentro el tiempo determinado se incluye el invertido por la faja trans

portadora en llevar el material chancado desde su punto de salida hasta los camiones.

c) 2 camiones volquete Ford F-900 con caja de 3 m<sup>3</sup> cada uno.

#### Transporte del material.-

El tiempo invertido en el transporte del material de la chancadora a las estacas 25 y 75 del kilómetro en estudio (puntos que vienen a ser los representativos de las distancias medias) es el mismo que tardará la chancadora en producirlo.

#### Esparcido del material granular.-

Se hará por medio de una motoniveladora que extenderá el material en 2 capas de 3.5 y 4 cm. respectivamente, las cuales luego de ser regadas hasta que obtengan su óptimo contenido de humedad (42.9 a 57.2 glns) serán transitadas por el rodillo HUBER con ruedas especiales para compactar (del cual ya se ha hablado anteriormente), para luego ser sometidas al rodillado por el mismo equipo con ruedas standar. Se procederá a continuación a ejecutar el riego de Imprimación, con asfalto MC-0 y por medio de un camión LITTLE FORD Spay Master de 1000 galones de capacidad, con un peso total de 7150 Kg.-

Una vez extendida la primera capa y luego de haberse llevado a cabo los pasos anteriormente indicados habrá que chequear el espesor tanto en el centro como en los bordes así como el contenido de humedad para confrontar la densidad del afirmado ya compactado con los ensayos de laboratorio; se deberá tener especial cuidado con la graduación de los materiales para obtener una base que esté de acuerdo a lo indicado por la Mecánica de Suelos.

Los mismos pasos se seguirán para la segunda capa.

Graduación obtenida por la chancadora.

12 % de material de diámetro inferior a 1/8".

- 8 % de diámetro entre 1/4" y 1/8".
- 10 % de diámetro entre 1/2" y 1/4".
- 15 % de diámetro entre 1/2" y 3/4".
- 15 % de diámetro entre 3/4" y 1".
- 25 % de diámetro entre 1" y 1-1/2".
- 15 % de material de diámetro mayor de 1 1/2".

Tiempo empleado en el esparcido y nivelación del material de afirmado..

Motoniveladora Caterpillar N° 12.

Peso 10070 Kg.

Largo 8.12 m.

Ancho 2.39 m.

Alto 2.26 m.

Largo de la cuchilla 3.66 m.

Alto de la cuchilla 0.61 m.

Rendimiento obtenido.

$$T = \frac{P \times D \times E}{S} + \frac{P_1 \times D \times E}{S_1} + \dots$$

P, P<sub>1</sub>, etc - número de pasadas.

D - distancia en Km. recorrida en cada pasada.

E - factor de eficiencia.

S, S<sub>1</sub>, etc - velocidades.

El número de pasadas se considerará de 8 descompuestas en la siguiente forma.

4 pasadas con la máquina enganchada en 2<sup>a</sup>

3 pasadas con la máquina enganchada en 3<sup>a</sup>

1 pasada con la máquina enganchada en 4<sup>a</sup>

Recordandose que en cada pasada la cuchilla recorre medio ancho.

Siendo las velocidades respectivas las siguientes:

En Segunda - 5.80 Km/hora.

En Tercera - 8.80 Km/hora.

En Cuarta - 13.60 Km/hora.

$$T \quad \frac{(4 \times 2) \times 1 \times 0.6}{5.80} \quad \frac{(3 \times 2) \times 1 \times 0.6}{8.80} \quad \frac{(1 \times 2) \times 1 \times 0.6}{13.60}$$

$$T \quad 0.828 \div 0.409 \div 0.088$$

$$T \quad 1.33 \text{ hrs.}$$

Tiempo empleado en la compactación.-

Volumen por compactar : 525m<sup>3</sup>

Rendimiento del Huber Compactador : 100m<sup>3</sup>/hora.

Tiempo empleado 525 : 100 5.25 hrs.

Tiempo empleado en el rodillado.-

El mismo que el determinado al tratar sobre ejecución de rellenos.

$$T \quad 4.56 \text{ hrs.}$$

Pavimento.- De acuerdo a las especificaciones del presente proyecto, que señalan una intensidad de tránsito de 500 camiones y 300 automóviles diarios, el pavimento será de tipo superior apto para soportar un tránsito extra-pesado.

Para el presente proyecto se ha seleccionado un pavimento flexible, que consiste en un conjunto de piedra de composición granulométrica cuidada, agregado fino y polvo rellenedor, todo ello en proporción debida para obtener la máxima densidad, mezclado en caliente con un producto bituminoso y extendido también en caliente.

Para el diseño del espesor del pavimento se ha empleado el gráfico de Diseño de Pavimentos Flexibles del Ing. F. V. Reagel, el cual nos dará el espesor de la base y pavimento en función del índice de grupo de los suelos de la subrasante y de la intensidad de tráfico.

Ver extracción del material de las canteras, en el inicio del presente capítulo.

Según este método se ha obtenido para este caso particular :

Espesor del pavimento 2"

Espesor de la base 3"

Cálculo de la cantidad de cemento asfáltico necesario para el con-

creto asfáltico.- Para obtener la cantidad de cemento asfáltico

de la mezcla que será la superficie de rodadura se hará uso del

método de la áreas, para la aplicación del cual se hará el análisis

mecánico por tamizado de los agregados de la mezcla, Supongamos

que éste arroja los siguientes resultados:

Malla serie Americana	% en peso		Especificaciones
	Ret	Pasa	% que pasa
1"		100	100
Nº 4	45	55	45 - 60
Nº 10	15	40	35 - 47
Nº 40	10	30	23 - 35
Nº 100	15	15	14 - 22
Nº 200	8	7	6 - 12

Peso específico : 2.61

Sumando porcentajes retenidos en las diversas mallas podemos

entrar al cuadro del Método California, obteniendo la constante

K de área superficial en libras por pie cuadrado, resultando :

Malla serie Am.	%	Por unidad	K	Area equivalente	
Pasa	Ret.	A		A x K	
1"	Nº 4	60	0.60	5	3.00
Nº 4	Nº 10				
Nº 10	Nº 20				
Nº 20	Nº 30				
Nº 30	Nº 40	10	0.10	18	1.80
Nº 40	Nº 50				
Nº 50	Nº 80				
Nº 80	Nº 100				
Nº 100	Nº 200	23	0.23	80	18.40
Nº 200		7	0.07	250	17.50
TOTAL		100	1.00		40.70

Multiplicando los porcentajes por unidad por la constante K de área superficial en libras por pie cuadrado, obtendremos el área equivalente, y sumando todas las áreas parciales se obtendrá el área total equivalente.

Una vez obtenidos todos los datos anteriores podremos entrar al gráfico de Índice Asfáltico, en el cual con el área superficial de agregado y la curva N° 5 que corresponde a partículas ásperas e irregulares obtendremos el Índice Asfáltico que para nuestro caso será 0.0015.

Con todos los datos obtenidos podremos encontrar la proporción de cemento asfáltico en la siguiente forma :

Peso específico de la mezcla de agregados	2.61	
Area superficial equivalente	40.70	
Índice asfáltico, curva N°5	0.0015	
Relación de pesos específicos	$\frac{2.65}{2.61}$	1.012
Tipo de Asfalto	cemento asfáltico (caliente)	
Cemento Asfáltico	$40.7 \times 0.0015 \times 1.012 \times 100$	6.1800

6%

Como normalmente se presentan dificultades en la dosificación de la mezcla, vamos a calcular las cantidades de material necesarias para formar un m<sup>3</sup> de concreto asfáltico.

Los pesos específicos de los materiales serán		
Piedra chancada	2640	Kg/m <sup>3</sup>
Arena	2600	Kg/m <sup>3</sup>
Cemento asfáltico	1000	Kg/m <sup>3</sup>

La proporción que entran estos materiales según los análisis mecánicos es :

Piedra graduada	60 %
Arena	40 %
Asfalto	$\frac{6}{106}$ %

Vemos pues que estos materiales sueltos forman un 106 %, pero una vez densificadas a su mínimo de vacíos harán un 100 % por consiguiente habrá que corregir estos puntajes.

Piedra graduada	60 x 94 %	56.4 %
Arena	40 x 94 %	37.6 %
Asfalto	6 %	6.0 %
		100.00 %

Dividiendo los porcentajes corregidos entre los pesos específicos obtendremos los volúmenes absolutos de material necesario; por consiguiente :

Vol. absoluto de la piedra	$\frac{56.4}{2640}$	0.0214 m <sup>3</sup>
Vol. absoluto de arena	$\frac{37.6}{2600}$	0.0145 m
Vol. absoluto del asfalto	$\frac{6}{1000}$	0.0060 m <sup>3</sup>
		0.0419 m <sup>3</sup>

Es decir que esas cantidades de materiales nos darán 0.0419 m<sup>3</sup> de mezcla con el mínimo de vacíos o compactada.

Luego las cantidades de material por m<sup>3</sup> de mezcla serán :

Piedra graduada	$\frac{56.4}{0.0419}$	1350 Kg/m <sup>3</sup> de mezcla
Arena	$\frac{37.6}{0.0419}$	900 Kg/m <sup>3</sup> de mezcla
Asfalto	$\frac{6}{0.0419}$	$\frac{144}{2394}$ Kg/m <sup>3</sup> de mezcla

Es decir que el peso de la mezcla densificada pesará al rededor de 2400 Kg/m<sup>3</sup> o sea un peso específico de 2.4 , lo que en la práctica es difícil de obtener, pues en la densificación por rodillado sólo se obtendrá un peso específico al rededor de 2.2 o sea el 90 % ;



por consiguiente habrá que corregir los valores antes obtenidos y que serán :

Piedra graduada	1350 x 0.90	1215 Kg/m <sup>3</sup>	de mezcla
Arena	900 x 0.90	810 Kg/m <sup>3</sup>	de mezcla
Asfalto	144 x 0.90	130 Kg/m <sup>3</sup>	de mezcla
		2155 Kg/m <sup>3</sup>	" " " "

Que será un valor aceptable para las mezclas asfálticas densificadas por medio de rodillos.

Las características de los productos bituminosos a usarse son los siguientes :

Cemento Asfáltico .-

Punto de inflamación ( Vaso abierto ) °F	450 †
Penetración a 25°c (77°F), 100 gr 5 seg	85 - 100
Pérdida por calentamiento 325 °F, 5 Hrs. %	1
Penetración después de la pérdida por calentamiento 25°c (77 °F) 100 gr. 5 seg.	
por ciento del original	70 †
Ductibilidad a 25°c (77°F) cm	100 †
Solubilidad en tetracloruro de carbono %	99.5 †

ASFALTOS

Grado	MC-0	RC-1	RC - 2
Punto de llama (vaso abierto °C )	38 †	----	27
Viscosidad Furol a 25°c	75-150	----	--
Viscosidad Furol a 50°c	----	75-150	--
Viscosidad Furol a 60°c	----	----	100-200
Viscosidad Furol 82°c	----	----	--

( continuación )

Grado	MC-0	RC-1	RC - 2
Destilación			
Destilado (tanto por ciento del total destilado)			
Hasta 190°c en tanto por 100	-----	10 †	-----
Hasta 225°c en tanto por 100	25	50 †	40 †
Hasta 260°c en tanto por 100	40-70	70 †	65 †
Hasta 316°c en tanto por 100	75-93	88 †	87 †
Residuo (% en volumen)	50 †	60 †	67 †

Ensayo del residuo de destilación :

Penetración a 25°c, 100 gr en 5 seg.	120-300	80-120	80-120
Ductibilidad a 25°c	100 †	100 †	100 †
Solubilidad en tetracloruro de carbono %	99.5 †	99.5 †	99.5 †

Temperatura de empleo :

Para riegos °c	10-50	27-66	38-80
Para mezcla °c	10-50	27-52	27-66

Debo advertir que en la actualidad las refinerías que hay en el país no producen el asfalto Tipo MC-0, pero esto es posible obtenerlo mezclando 80% de RC-2 con 20 % de kerosene.

### Planta de Mezclado.-

H & B modelo CH con un rendimiento de 25 toneladas por hora, el cual se conseguirá produciendo.

$$0.28 \times 25 = 7 \text{ Ton/hora de agregado grueso.}$$

$$0.66 \times 25 = 16.5 \text{ Ton/hora de agregado fino.}$$

$$0.06 \times 25 = 1.5 \text{ Ton/hora de asfalto.}$$

La chancadora hemos visto que rinde  $15 \text{ m}^3/\text{hora}$ , los cuales considerando un peso específico de  $1800 \text{ Kg/m}^3$  como promedio nos dá.

$$15 \times 1800 = 27000 \text{ Kg.}$$

necesitando nosotros

$$7000 \div 16500 = 23500 \text{ Kg de agregados para la planta de mezclado.}$$

Vemos por consiguiente que la chancadora Austin Western 1024 será suficiente para proveer de material a la planta de mezclado.

Los agregados que salen de la chancadora son transportados por la faja a una tolva de 2 compartimentos en los cuales se separan el agregado fino y el grueso.

### Extracción del material de la cantera.-

Volumen neto a extraer.

$$V = 0.94 \times 1000 \times 7 \times 0.05 = 339 \text{ m}^3$$

Con un coeficiente de esponjamiento de 1.2.

$$\text{Volumen de cantera} = 339 : 1.2 = 283 \text{ m}^3$$

Por metro cúbico de roca dura se necesitan 0.2 Kg. de dinamita, o sea 2 cartuchos alojados en un taladro de 1 metro.

Perforac - Longitud de taladro : 1 metro.

Número de taladros : 283.

Tiempo empleado en ejecutar las perforaciones.

$$T = 283 : 140 = 2 \text{ días.}$$

Explosivo - Se necesitarán 566 cartuchos, o sean 3 cajas de 240 unidades cada una.

Fulminantes - Se adquiriran 283 unidades o sean 3 cajitas.

Mechas de Seguridad - Se precisan 283 m o 928 pies.

Abastecimiento de la chancadora.-

Se hará por medio de un tractor Caterpillar D-8, el cual luego de acumular el material producto de las explosiones lo irá enviando a la tolva de la chancadora.

Rendimiento del tractor.

$$R = 7000 + 16500 = 23500 \text{ Kg/hora.}$$

El tractor deberá abastecer de 23.5 ton. cada hora a la chancadora.

Tiempo empleado para el chancado.-

Hemos visto que el volumen total de agregados necesario es de 339 m<sup>3</sup> y puesto que la chancadora rinde 15 m<sup>3</sup>/hora de material chancado tendremos

$$T = 339 : 15 = 22.6 \text{ horas.}$$

que es el mismo que empleará el tractor abasteciendo a la chancadora, ya que trabajarán simultaneamente.

Transporte del material chancado a la planta mezcladora.-

Se hará por medio de camiones Ford F-900 volquetes de 3 m<sup>3</sup>

El número necesario de camiones será el que se obtiene por la siguiente fórmula.

$$N = \frac{R (T_1 + \frac{d}{V_1} + T_2 + \frac{d}{V_2})}{60 C}$$

en la que

R rendimiento de agregados.

$T_1$  Tiempo empleado en cargar el camión 12 minutos.

d distancia de transporte 2500 metros (supuesta).

$V_1$  velocidad del camión cargado 25 Km/hora.

$T_2$  tiempo empleado en descargar el camión 1 minuto.

$V_2$  velocidad del camión descargado 50 Km/hora.

C carga transportada en cada viaje  $3 \text{ m}^3$

$$N \text{ Piedra} = \frac{10.5 \left( 12 + \frac{2500}{417} + 1 + \frac{2500}{834} \right)}{3 \times 60} = 1.29$$

$$N \text{ Arena.} = \frac{4.5 \left( 12 + \frac{2500}{417} + 1 + \frac{2500}{834} \right)}{3 \times 60} = 0.55$$

Número necesario de camiones:

Para transportar la piedra : 1 camión.

Para transportar la arena : 1 camión.

Como seguridad contra posibles desperfectos se tendrá 1 camión de reserva.

#### Planta de mezclado.-

Es el tipo de mezcla en caliente y transportable, rindiendo 25 Ton/hora de mezcla asfáltica.

Volumen necesario de mezcla asfáltica.

$$1000 \times 7 \times 0.05 = 350 \text{ m}^3$$

Considerando el peso específico del asfalto de 2 ton. por  $\text{m}^3$ , el peso de mezcla por producir será

$$P = 350 \times 2 = 700 \text{ Ton.}$$

Tiempo empleado para producir el total de mezcla asfáltica

$$t = 700 : 25 = 28 \text{ horas.}$$

### Funcionamiento de la Planta.-

Los agregados transportados por los camiones son descargados en un depósito que tiene una pared separadora, la cual permite que se descargue en un lado el agregado fino y en el otro el agregado grueso, los cuales bajan hacia la parte inferior del depósito, en el cual existen 2 compuertas con sus respectivas palancas que permiten la entrada del material en su debida proporción.

El material así graduado pasa entonces al cilindro de secado por medio de un elevador, el cual es de gran longitud ligeramente inclinado y que gira sobre su eje longitudinal, permitiendo un avance lento del material, el cual recibe un chorro de fuego que se envía por medio de sopletes, calentando en esta forma los materiales para que luego reciban el riego de asfalto RC-2 cuya graduación se consigue por el desplazamiento de una compuerta, desplazamiento cuya magnitud se fija de acuerdo a las tablas proporcionadas por el fabricante, en las cuales se indica el paso necesario para obtener un determinado número de galones por minuto, graduandose por medio de la bomba contadora.

Finalmente la mezcla así ejecutada pasa a la amasadora donde se produce el batido por medio de 2 sistemas de paletas que giran en sentido contrario en dos ejes paralelos.

La mezcla asfáltica así preparada pasa a la tolva de la cual se descargará abriendo una compuerta, a los camiones, los cuales la transportarán a la máquina esparcidora.

### Transporte de la mezcla asfáltica.-

Se hará por medio de los camiones volquetes F-900, cuyo número se determinará por la siguiente fórmula:

$$N = \frac{R (T_1 + \frac{d}{V_1} + T_2 + \frac{d}{V_2})}{60 C}$$

siendo R 25 Ton/hora o  $12.5 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

$T_1$  15 minutos.

$T_2$  1 minutos.

d 750 metros.

$V_1$  417 metros/minuto.

$V_2$  834 metros/minuto.

C  $3 \text{ m}^3$

$$N = \frac{12.5 \left( 15 + \frac{750}{417} + 1 + \frac{750}{834} \right)}{60 \times 3}$$

$$N = 1.30$$

Se necesitará 2 camiones.

#### Esparcidora de mezcla asfáltica.-

Será una Barber - Greene, habiendose escogido este modelo debido a la ventaja que tiene sobre otros tipos, de no adaptarse a las irregularidades del terreno, pues si por defecto del acabado quedan pequeñas hendiduras por ejemplo, la máquina en estos puntos arrojará un mayor volumen de mezcla asfáltica, manteniendo el nivel de la superficie de rodadura constante.

#### Ejecución del esparcido.-

El <sup>calca</sup>camión transportador de mezcla asfáltica se <sup>calca</sup>delante de la esparcidora y tocandola, de manera que su caja esté encima de la tolva recibidora que tiene la máquina en su parte delantera.

Una vez hecho esto el chofer deja el camión en neutro y procede a levantar lentamente la caja cuyo contenido va a la tolva. Dado que la esparcidora hacia adelante ~~marcha~~, empuja en su avance al camión mientras éste va dejando su carga en la tolva, carga esta que pasando por el interior de la B-G sale por la parte posterior en

forma de una capa de mezcla de superficie a nivel (no de espesor constante) adaptándose sus dispositivos de enrase a la ejecución del bombeo.

La pavimentación se hará regulando el ancho de la faja de material que sale en 3 metros.

#### Rendimientos.-

La planta de mezclado rinde 25 Tøn/hora o sea 0.42 Ton/minuto.

El tiempo empleado por el camión en ser cargado y en hacer el viaje de ida es, considerando media carga.

15 minutos (carga)

2 minutos (ida)

Total: 17 minutos

La esparcidora recibe por consiguiente  $3 \text{ m}^3$  mezcla cada 17 minutos o  $0.18 \text{ m}^3/\text{minuto}$ .

Volumen de mezcla necesario =  $350 \text{ m}^3$

Número de horas empleadas en ejecutar la pavimentación

$$N = 350 : 0.18 \times 60 = 33.1 \text{ horas.}$$

#### Rodillado.-

Se ejecutará con el rodillo Huber de ruedas o cilindros lisos, el cual comenzará a operar cuando la mezcla haya enfriado sin llegar a endurecerse, mojándose los rodillos con agua con el objeto de que no se pegue la mezcla a las ruedas.

El rodillado se ejecutará de los bordes hacia el centro, a una velocidad de operación de 4 Km/hora y cuidando que las pasadas se superpongan unos 40 centímetros, y dando tantas como sean necesarias para que desaparezcan las mareas de las ruedas; considerando 6 pasadas como buen promedio tendremos.



### Tiempo empleado en el rodillado.-

Velocidad de trabajo = 4 Km/h.

Número de pasadas para rodillar el ancho de la superficie de rodadura = 4.

Número total de pasadas necesarias de 1 Km. de longitud cada una = 24.

Tiempo empleado en recorres 1 Km. = 0.25 hr.

Número de horas para rodillas =  $0.25 \times 24 = 6$  hrs.

Este tiempo será únicamente teórico pues realmente demorará el rodillado aproximadamente el tiempo de pavimentación más unas 3 horas para permitir el enfriamiento del primer tramo pavimentado.

$$T_{\text{real}} = 42 \text{ horas.}$$

Sellado.- Que consiste en esparcir una capa de asfalto RC-1 en una proporción de 0.13 gln. por  $m^2$ , con el objeto de preservar la capa de mezcla asfáltica obteniéndose un acabado más perfecto. Una vez regado el asfalto se le cubre con arena seca y limpia (10 a 15 Kg por  $m^2$ ), procediéndose luego al rodillado hasta obtener una buena compactación.

Bermas.- Son de grava, de un espesor de 3 a 4 centímetros, debidamente compactada y recubierta de gravilla en capa de 2 o 1 cm.

### Volumen de los materiales para bermas y sellado.-

$$\text{Volumen de arena.} = \frac{1000 \times 6 \times 13}{1800} = 72 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de grava} = 0.50 \times 2 \times 0.03 \times 1000 = 30 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de gravilla} = 0.50 \times 2 \times 0.02 \times 1000 = 20 \text{ m}^3$$

La gravilla se obtendrá como parte del volumen de material fino

$$\text{Volumen necesario de agregado fino} = 92 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen necesario de agregado grueso} = 30 \text{ m}^3$$

### Obtención de los materiales en cantera.-

Volumen neto requerido  $V = 122 \text{ m}^3$

Volumen en cantera  $V' = 122 : 1.2 = 102 \text{ m}^3$

Como se trata de roca dura se necesitan 0.2 Kg. de dinamita por metro cúbico.

Cantidad de explosivo  $= 102 \times 0.2 = 20.4 \text{ Kg.}$

lo que equivale a 20.4 cartuchos o 1 cajón de 240 unidades.

El número de taladros a ejecutar, considerando 2 cartuchos por tiro sera

$$204 : 2 = 102 \text{ taladros.}$$

Longitud del taladro = 1 metro.

Hemor visto que las dos perforadoras BROOMWADE rinden 140 m/. de avance diario, por lo tanto el tiempo empleado en ejecutar las perforaciones sera

$$T = \frac{102}{140} = 0.73 \text{ días.}$$

lo que equivale a  $T = 5.84$  horas.

### Mechas de seguridad.-

Para un taladro de 1 metro con dos cartuchos, la longitud de mecha será de 1 metro, lo cual significa adquirir 102 m o 335 pies de mecha.

Fulminantes - igual cantidad que la de tiros por ejecutar : 102

### Chancado del material.-

Dado que la relación existente entre el agregado fino y grueso no es la misma que la obtenida para la mezcla asfáltica, el rendimiento de la chancadora no será el anteriormente indicado, ya que disminuirá al aumentar la proporción de agregado fino.

$$R = 12 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

Siendo por consiguiente el tiempo necesario para producir el material

$$T = 122 : 12 = 10.1 \text{ horas.}$$

#### Transporte al punto de utilización.-

Se hará por medio de camiones Ford - 900, cuyo número determinaremos a continuación :

$$N = \frac{12(15 \div \frac{3250}{417} \div 1 \div \frac{3250}{834})}{3 \times 60}$$

$$N = 1.84$$

Se necesitarán 2 camiones para ejecutar el transporte.

#### Señalización.-

La mejor forma de controlar el tráfico de los vehículos en un camino es por medio de las señales de tránsito.

Estas señales se deben usar solamente cuando son necesarias, haciéndose indispensables cuando la seguridad del tránsito lo requiere o cuando existen reglamentaciones especiales.

Para la señalización de las carreteras en el Perú, la Dirección de Caminos del Ministerio de Fomento y Obras Públicas ha confeccionado un manual en el que se han seguido las recomendaciones hechas en el VI Congreso de Carreteras que se desarrolló en Washington en 1930.

Las citadas recomendaciones y sistemas han sido adoptadas en todos los países de América haciendo ligeras modificaciones para adaptarlas al medio, sin que esto represente modificaciones sustanciales de los sistemas aprobados.

Las señales camineras se clasifican en los tres tipos siguientes:

Señales restrictivas

Señales preventivas

Señales de dirección

Las señales restrictivas se usan para regular el tránsito de vehículos y para indicar a los conductores las condiciones bajo las cuales se puede hacer uso del camino.

La falta de atención a estas señales constituye una infracción al Reglamento de Tránsito.

Las señales preventivas se utilizan para indicar con anticipación la proximidad de ciertas condiciones del camino o concurrentes a él, que implican un peligro real o potencial, que puede evitarse disminuyendo la velocidad del vehículo.

Las señales de dirección son esenciales para guiar al conductor a través de determinadas rutas dirigiéndolo al lugar de su destino. Estas señales tienen por objeto además identificar parques, ríos y lugares de interés.

Las señales de dirección pueden ser de tres tipos :

Indicadoras de ruta y señales auxiliares

Señales de destino con indicación de distancias

Señales de información general.

Además de las señales anteriormente indicadas, también se utilizan líneas y marcas en los pavimentos, que son usadas con el objeto de regular el movimiento de los vehículos e incrementar la seguridad en su operación. En algunos casos sirven de suplemento a las señales y en otros son el único medio de control del tránsito. En general desempeñan un factor importante en la operación de los vehículos en la vía.

Normas para el Diseño.-

Las señales de tránsito deben tener como condiciones esenciales,

la sencillez, visibilidad y sobre todo que sean reconocidas y comprendidas inmediatamente, agregándose a lo anterior que debe usarse una misma señal para todos los casos similares, ubicándose las uniformemente. En vista de todas estas consideraciones, la Dirección de Caminos del Ministerio de Fomento y Obras Públicas ha elaborado el Manual de Señalización de Carreteras, obteniendo así uniformidad en tamaño, símbolos y distribución.

Las formas que especifica el Manual de Señalización son las siguientes :

Forma octogonal.- Se le utiliza exclusivamente para la señal de "ALTO" que requiere la detención del vehículo en el punto donde dicha señal ha sido colocada.

Forma circular .- Se le usa únicamente para la indicación del cruce a nivel con una línea férrea.

Forma romboidal .- Se le emplea para aquellas señales preventivas que indiquen un peligro en la vía o zonas adyacentes a ella.

Forma rectangular .- Las señales de dirección y las restrictivas ( exceptuando la señal de "ALTO" ) serán de forma rectangular.

Las directivas tendrán su mayor dimensión en el sentido horizontal mientras que las restrictivas la tendrán en el sentido vertical.

Formas especiales .- Han sido reservadas para determinados casos.

Colores.- Los colores indicados por el Manual de Señalización son los siguientes :

Las señales restrictivas, exceptuando la señal de "ALTO" , serán de color blanco con letras y marco negro.

Las señales preventivas, incluyendo la señal restrictiva de "ALTO" serán de color "amarillo caminero" con letras y marco negro.

Las señales de dirección serán de color blanco con letras y marco negro.

Dimensiones.- Las dimensiones que se dan a las señales del camino que trata el presente proyecto serán las recomendadas por el Manual de Señalización.

Letras .- El tipo de letras a usarse será también el indicado en el Manual; este tipo de letras ha sido aprobado por el Comité sobre Uniformidad de Señales y Controles de Transito de los E.E.U.U.

Marco .- Las señales de tránsito deben tener un marco del mismo color que las letras. Para la señal más común, que es la de 60 x 60 cm. se usará un marco de .2 cm de ancho distanciado 1 cm. del borde, aumentándose proporcionalmente estas dimensiones a medida que la señal es de mayor tamaño.

Ubicación .- Las señales de tránsito como regla general se colocarán a la derecha en el sentido del tráfico y formando ángulo recto con el eje del camino. Cuando las señales tengan elementos reflectorizantes, se colocarán ligeramente inclinadas con respecto a la normal al eje, con el fin de que los faros de los vehículos las iluminen normalmente.

Distancia lateral .- La distancia de eje vertical de la señal al borde de la carretera no deberá ser menor de 1.80 m. ni mayor de 3.00 m. salvo casos excepcionales.

Altura .- La altura mínima permisible entre el borde inferior de la señal y la superficie de rodadura del camino será de 0.75 m.; en el caso de colocarse varias señales sobre el mismo soporte, esa altura puede reducirse hasta 0.60 m.

Proximidad.- En general, dos señales que tengan diferentes indicaciones no deberán colocarse a distancia menor de 30 m. una de otra siempre que esto sea posible.

En el camino que se trata en este proyecto usaremos las siguientes señales :

## Señales restrictivas.-

1º.- "Velocidad máxima 45 K.P.H.", que se pondrá cada 4 o 5 kilómetros y servirá para recordar a los conductores que la velocidad máxima de recorrido por esta carretera es la indicada. Esta señal será de forma rectangular, de color blanco y con letras, números y marco negros.

Para esta señal se empleará un rectángulo de 0.60 x 0.75 metros correspondiendo a la mayor dimensión al sentido vertical.

La ubicaremos de 1.80 a 3.00 metros del borde del pavimento y a una altura no menor de 0.75 metros sobre el pavimento.

En los puntos donde haya curvas excepcionales en la cuales se deba reducir la velocidad se pondrán también estas señales y a una distancia de 100 metros antes de ingresar a la curva o a una población.

2º.- "No pase a otro vehículo".- Esta señal la usaremos en las curvas muy cerradas y de radio excepcional.

Su ubicación tanto en altura como en distancia seguirá las normas indicadas anteriormente. Estas señales se situarán al comenzar las rampas de peralte de las curvas antes mencionadas.

Deberán ser de forma rectangular, de color blanco, con letras y marco negros; el rectángulo será de 0.60 x 0.75 metros correspondiendo la mayor dimensión al sentido vertical.

## Señales preventivas .-

1º.- "Curva cerrada".- Se usará esta señal para prevenir la

presencia de curvas de radio menor de 40 m. y para aquellas de 40 a 80 metros de radio, cuyo ángulo en el centro exceda de  $45^{\circ}$ .

Se empleará un rombo de 0.60 metros de lado, de color "Amarillo caminero" con símbolos y marcos negros.

Llevará una pequeña flecha que marque el cambio de dirección, en ángulo recto.

Se colocarán a una distancia del comienzo de la curva, no mayor de 170 metros ni menor de 120 metros, para su ubicación lateral y altura se seguirá lo especificado en la señales restrictivas.

2°.- "Curva".- Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio entre 40 y 300 m. cuyo ángulo en el centro sea menor de  $45^{\circ}$  y para aquellas de radio entre 80 y 300 m. cuyo ángulo en centro sea mayor de  $45^{\circ}$ .

Se empleará un rombo de 0.60 metros de lado, de color "Amarillo caminero" con símbolos y marco negros.

Se colocarán a una distancia, del comienzo de la curva, no mayor de 170 m. ni menor de 100 metros; para su ubicación, distancia lateral y altura se seguirán las normas anteriormente indicadas.

3°.- "Velocidad recomendable".- Se usará con cualquier señal preventiva con el fin de indicar el valor máximo de la velocidad a desarrollar en una curva o sección de la carretera que



presente peligro a la seguridad del tránsito.

Se empleará un cuadro de 0.325 m. por 0.325 m. de color "Amarillo caminero" con letras y narcos negros.

Se colocará en el mismo soporte y debajo de la señal preventiva que se suplanta, siguiendo las normas anteriores.

### Señales de Dirección .-

1º.- Poste kilométrico.- Servirá para indicar la distancia al punto de origen. Para establecer el origen de cada carretera se sujetará a la reglamentación respectiva.

Los postes kilométricos se colocarán a intervalos de 5 Km., a la derecha del sentido de tránsito que circula en la dirección del origen de la carretera a su término.

Todas las señales antes mencionadas, con excepción del poste kilométrico se harán de madera de 1" de espesor clavadas sobre postes verticales de 3"x 3". Los postes de kilometraje se harán de concreto armado.

Todas las señales en general irán empotradas en concreto y en una longitud de 0.50 mts.

### Señalización del Kilómetro.-

#### A) Señales Restrictivas.

Velocidad máxima 45 Km. PH<sub>4</sub>

Se dispondrá en los puntos del camino donde no exista, por motivos constructivos, una velocidad menor que la directriz, cuidando que su ubicación no interfiera con otras señales existentes.

### Velocidad máxima 36 Km. PH.

Se colocarán saliendo del punto 1 y en las estacas 18 y 32 en el camino de ida y en los mismo puntos mas la estaca 54 en el de regreso, pues se tiene al inicio del camino 3 curvas de radio excepcional. Estas señales son de forma rectangular de 60 x 70 cm. de color blanco, con letras, números y marco negros.

### Conserve su derecha.-

Se dispondrá convenientemente entre el punto 1 y la estaca 54, tanto de ida como de regreso por su esta zona particularmente dificultosa, dada la existencia de curvas de pequeño radio; así mismo esta señal rectangular de 45 x 60 cm, de color blanco con letras y marco negro se encontrará a la altura de las estacas: 60 a la ida y 74 al regreso.

No pase a otro vehículo.- Esta señal de 60 x 75 cm. blanca con letras y marco negro se intercalará con las anteriormente indicadas entre el punto de salida y la estaca 54.

### B) Señales Preventivas.-

Curva cerrada.- esta señal rómbica de 60 cm. de lado, de color amarillo y marco con símbolos negros se dispondrá en las cuatro primeras curvas a unos 120 metros de su inicio (a uno y otro lado según el sentido de marcha).

C) Señales de dirección.- No existirá ninguna en el Kilómetro en estudio pues no existen cambios de dirección, intersecciones etc., además de que el poste Kilométrico que podría ubicarse no entra en el tramo pues se ubica cada 5 Km.

### Lineas y marcas en el pavimento.-

Linea central.- Consiste en una linea blanca de 10 cm. de ancho, for

mada por segmentos de 4.50 metros espaciados entre sí 7.50 metros que se coloca en el eje del camino y que marca la separación entre las dos vías de tránsito; se marcará principalmente en las curvas horizontales y verticales.

SENALES RESTRICTIVAS



R - 2  
0.60 X 0.75 m.



R - 3  
0.70 X 0.45 mts.



R - 4  
0.60 X 0.75 m.

# SENALES PREVENTIVAS

## CURVA CERRADA



P - 1

0.60 X 0.60 mts.

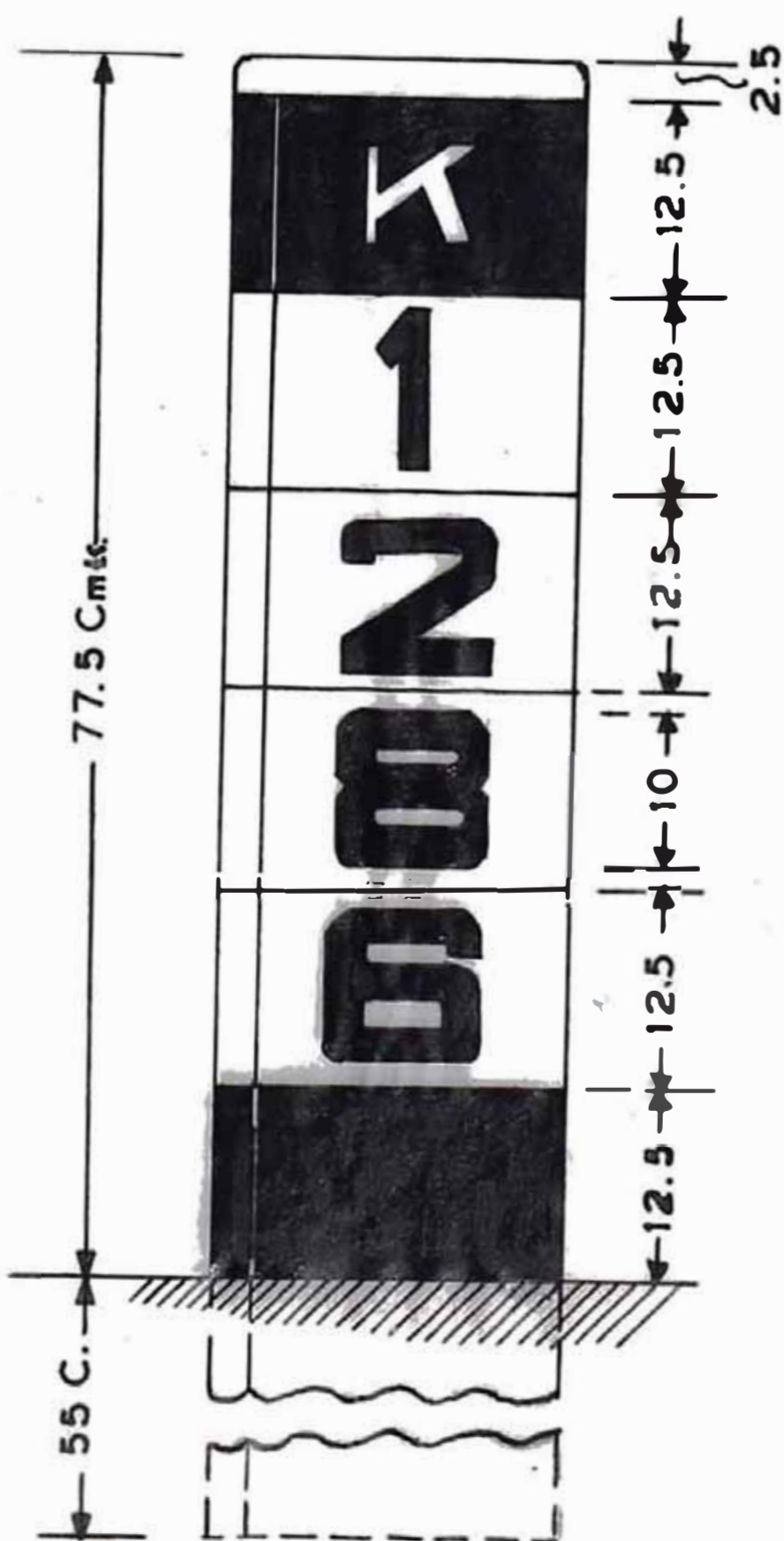
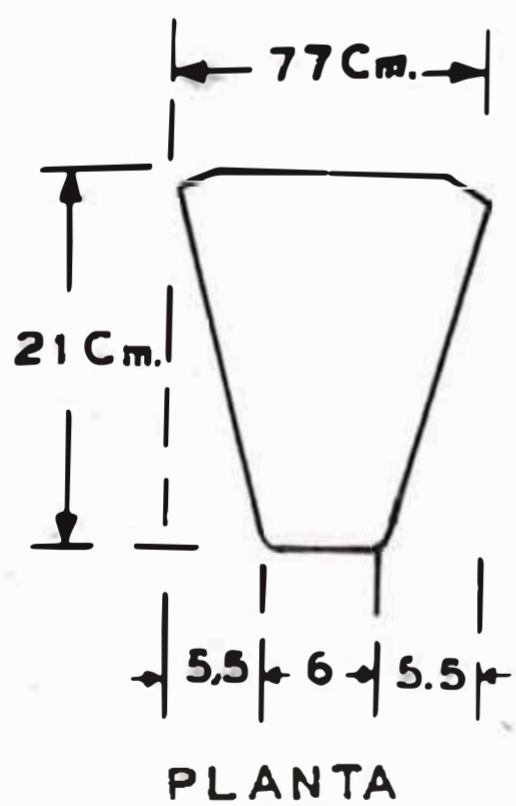
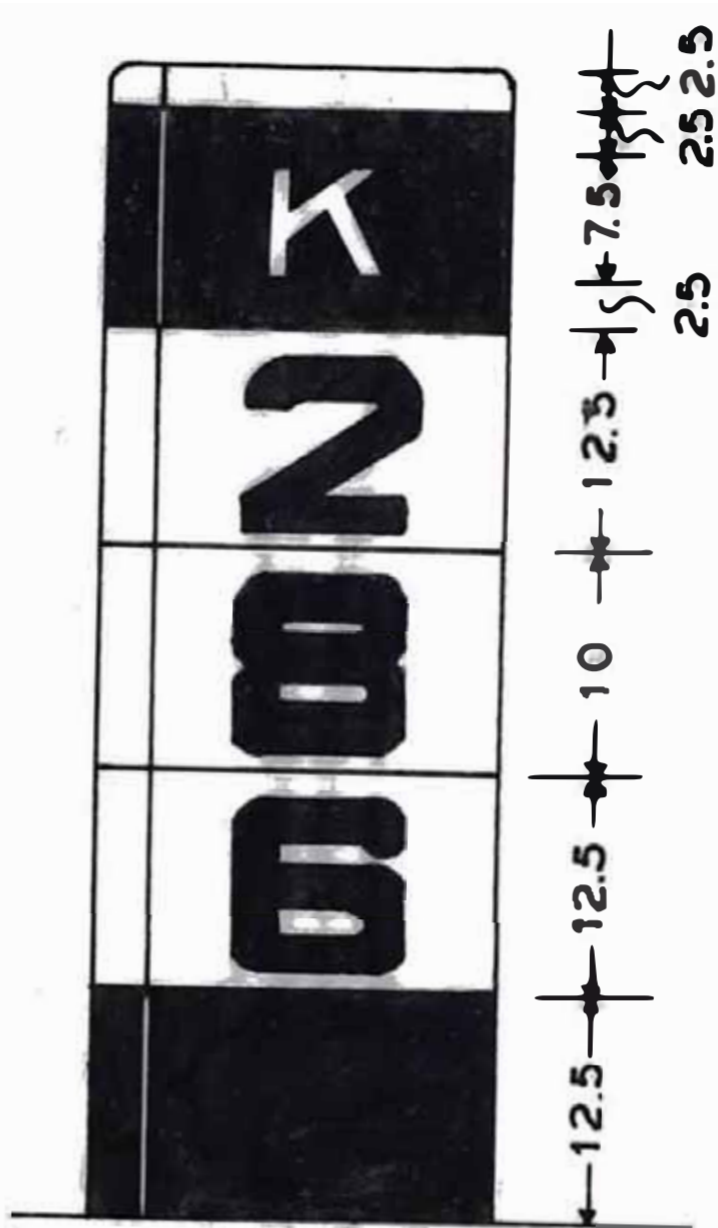
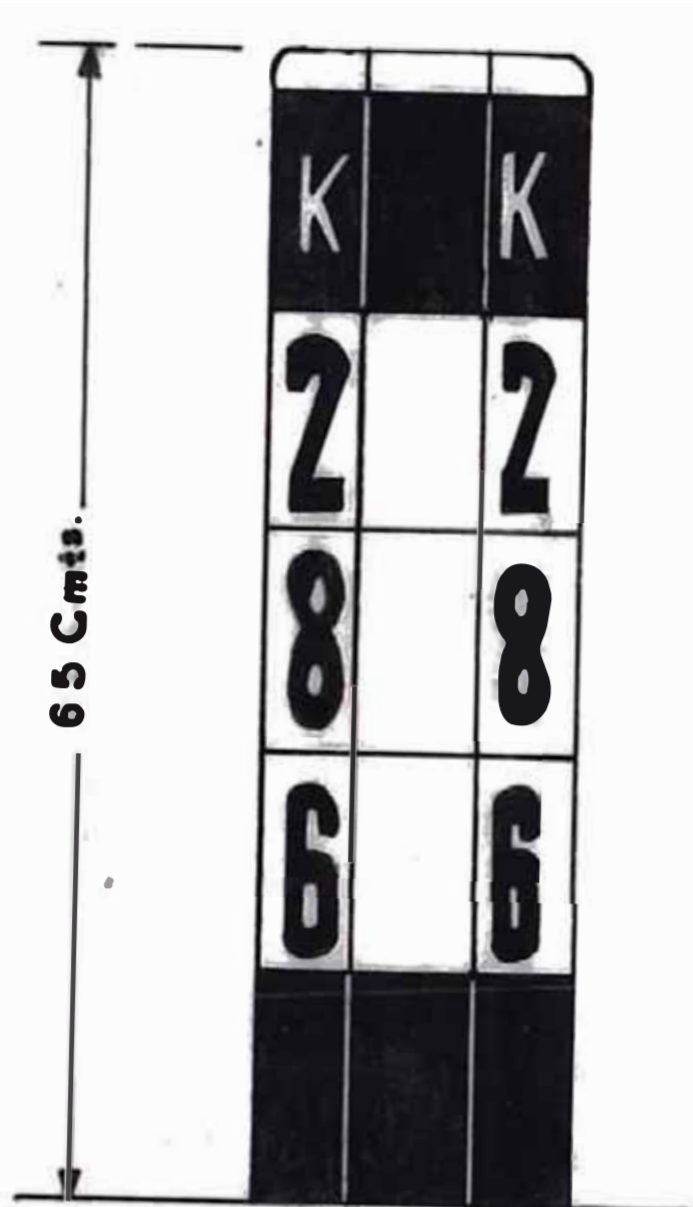
## CURVA



P - 2

0.60 X 0.60 mts.

# SEÑAL DE DIRECCION



C A P I T U L O   I V

PRESUPUESTO.

I) EXPLANACION.

A) PRIMEROS 400 METROS.

Con tractor D-8

Valor de la máquina	S/ 595 000.00
Valor recuperable 20%	<u>119 000.00</u>
Depreciación.	476,000.00

Se asume que la vida probable del tractor será de 5 años  
(10,000) horas.

Costo fijo al año.

Amortización 20%	S/ 95 400.00
Interés 8%	38 100.00
Mantenimiento y reparación 15%	71 500.00
Almacenaje, guardianía etc. 3%	<u>14 300.00</u>
	219,300.00

Costo fijo por hora:  $\frac{219300}{2000} = S/ 109.50$

Costo variable por hora.

1) Jornales.

Maquinista	S/ 5.00
Ayudante	3.00
Leyes sociales 43%	<u>3.44</u>
	11.44

2) Combustible.

Petroleo: 3 galones a S/ 1.00	S/ 3.00
Aceite y grasa	9.50

Gasolina, guaipe etc.	S/.	1.00
Accesorios		<u>L.00</u>
	S/.	14.50

Costo total por hora : 109.50 ÷ 11.44 ÷ 14.50 S/. 135.44

Costo del acarreo por m<sup>3</sup> en el tramo I

Costo  $\frac{135.44}{69.50} =$  S/. 1.94

Costo del acarreo por m<sup>3</sup> en el Tramo II

Costo  $\frac{135.44}{36.60} =$  S/. 3.70

Costo del acarreo por m<sup>3</sup> en el Tramo III

Costo  $\frac{135.44}{52.20} =$  S/. 2.58

Costo del acarreo por m<sup>3</sup> en el Tramo IV

Costo  $\frac{135.44}{82.50} =$  S/. 1.62

Costo de la desagregación por m<sup>3</sup> en el Tramo 0

Costo  $\frac{135.44}{153.00} =$  S/. 0.89

B) ULTIMOS 600 METROS.

DESAGREGACION CON COMPRESORA SV 606.

Valor de la máquina = S/. 320 000.00



Valor recuperable 20%	65 000.00
Depreciación.	S/. 255,000.00

La vida probable de la compresora será de 5 años (10,000 hrs.)

Costo fijo por año.-

Amortización 20%	S/. 51 000.00
Interés 8%	20 400.00
Mantenimiento y reparación	
15%	38 300.00
Almacenaje, guardianía, etc	
3 %	7 600.00
	S/.117,300.00

Costo fijo por hora :  $\frac{117300}{2000} =$  S/. 58.80

Costo variable por hora:

1) Combustible.

Petróleo 2 galones a S/. 1.00	S/. 2.00
aceite y grasa	3.00
Kerosene, guaipe etc.	1.00
Repuestos	1.00
	S/. 7.00

2) Maquinista. S/. 5.00

Costo total por hora :  $58.80 + 7.00 + 5.00 =$  S/. 70.80

Martillo perforador.-

Valor del martillo	S/.5 140.00
--------------------	-------------

2 mangueras de 50'	S/. 1 200.00
Valor recuperable 20%	1 265.00
	S/. 5,075.00

La vida probable será de 3 años (6000 horas).

Costo fijo por año.-

Amortización 33.3%	S/. 1 690.00
Interés 8%	406.00
Mantenimiento y reparación 15%	762.00
Almacenaje y guardianía 3%	<u>157.00</u>
	S/. 3,015.00

Costo fijo por hora :  $\frac{3015}{2000}$  - S/. 1.50

Costo variable por hora .

1) Lubricante, guaipe etc. S/. 1.00

2) Jornales

2 Taladradores 8.00

Leyes Sociales 43% 3.87

S/. 12.87

Costo total por hora .  $1.50 + 12.87$  - S/. 14.37

Costo total por hora de la unidad de perforación.

Compresora : S/. 70.80

5 martillos : 71.85

S/. 142.65

DESAGREGACION DE ROCA BLANDA.

En este tipo de roca se ha estimado un avance de 33 ml. de barrenos por martillo y por jornada de 8 horas, con lo cual se desagrega 44 m<sup>3</sup> de material por martillo y por jornada; puesto que por unidad de perforación actúan 5 martillos se tendrá :

$$\text{Desagregación por hora : } \frac{220}{8} = 27.50 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

$$\text{Costo por metro cúbico : } \frac{142.65}{27.60} = \text{S/. } 5.15$$

Materiales : Una broca Carset rinde 18 ml. de perforación antes de tenersele que aguzar, pudiendo rendir 10 aguzadas, por lo cual la longitud por taladrar con cada unidad es de: 10 x 18 = 180 ml.

Costo de la broca S/. 540.00

Costo por metro cúbico 2.25

Resumen.

Maquinaria y jornales S/. 5.15

Brocas 2.25

Dinamita: 0.15 Kg/m<sup>3</sup> 2.25

Mecha : 1.5 mts. 0.60

Fulminante 1.00

S/. 11.25 por m<sup>3</sup>

Costo del acarreo en el tramo V.

$$\text{Costo } \frac{135.44}{134.00} = \text{S/. } 1.01$$

Costo del acarreo en el Tramo VII.

$$\text{Costo } \frac{135.44}{58.50} = \text{S/. } 2.31$$

Costo del acarreo del Tramo VI.

$$\text{Costo} \quad \frac{135.44}{81.00} = \text{S/. } 1.67$$

Costo del acarreo del Tramo VIII.

$$\text{Costo} \quad \frac{135.44}{33.30} = \text{S/. } 3.53$$

Costo del acarreo en el Tramo IX.

$$\text{Costo} \quad \frac{135.44}{34.00} = \text{S/. } 3.98$$

Costo de acarreo en el Tramo X.

$$\text{Costo} \quad \frac{135.44}{86.50} = \text{S/. } 1.57$$

Costo del acarreo en el tramo XI.

$$\text{Costo} \quad \frac{135.44}{58.70} = \text{S/. } 2.31$$

Costo del acarreo en el Tramo XII.

$$\text{Costo} \quad \frac{135.44}{62.00} = \text{S/. } 2.18$$

Costo por metro cúbico del transporte del material ya desagregado del Tramo 0 al relleno no compensado.

$$\text{Jornales :} \quad \frac{1103.20}{800} = \text{S/. } 1.38$$

Transporte	S/. 3.00
	<u>S/. 4.38</u>

II) COMPACTACION DE RELLENOS.-

Valor del rodillo	S/. 360,000.00
Valor recuperable 20%	<u>72,000.00</u>
Depreciación.	S/. 288,000.00

Vida probable 5 años (10,000 horas).

Costo fijo al año.

Amortización 20%	S/. 57,600.00
Interés 8%	23,000.00
Mantenimiento y reparación	43,000.00
Almacenaje, seguro, etc. 3%	<u>8,000.00</u>
	S/. 132,400.00

Costo fijo por hora :  $\frac{132400}{2000} =$  S/. 66.20

Costo variable por hora:

1) Jornales

Maquinista	S/. 5.00
Ayudante	3.00
Leyes Sociales	<u>3.44</u>
	S/. 11.44

2) Combustible:

Petróleo : 3 galones	S/. 3.00
Aceite y grasa	8.50
Accesorios	<u>1.00</u>
	S/. 12.50

Costo total por hora :  $66.20 \div 11.44 \div 12.50 = S/. 90.14$

Dado que el rendimiento promedio por hora del rodillo es de 65.50 m<sup>3</sup> se obtendrá :

Costo por metro cúbico.

$$C = \frac{90.14}{100} = S/. 1.38$$

al cual habrá que añadir el costo del riego que se estima en :  
S/. 0.05 por m<sup>2</sup> por capas de 0.15 m de espesor, o sea :

$$\frac{0.05}{0.15} = S/. 0.33$$

Costo total por metro cúbico : S/. 1.71

### III) AFIRMADO.

#### A) Extracción del material

#### DESAGREGACION DE ROCA COMPACTA.

El avance estimado es de 141 por martillo y por jornada de 8 horas, con lo cual se desagrega 14 m<sup>3</sup> de material y puesto que por unidad de perforación actúan 5 martillos se tendrá :

$$\text{Desagregación por hora} \quad \frac{14 \times 5}{8} = 8.75$$

$$\text{Costo por metro cúbico} \quad \frac{142.65}{8.75} = S/. 16.30$$

Costo de la broca Carset.	S/ 540.00
Costo por metro cúbico.	3.00
Resumen.	
Maquinaria y jornales.	16.30
Brocas	3.00
Dinamita 0.2 Kg.	3.00
Mecha 1.20 m	0.45
Fulminante	<u>1.00</u>
	S/ 23.75

CHANCADO DEL MATERIAL.

Valor de la máquina completa	S/ 230 000.00
Valor recuperable 20%	<u>46 000.00</u>
Depreciación	S/ 184,000.00

Vida probable del equipo: 5 años (10000 horas).

Costo fijo por año.

Amortización 20%	S/ 36 800.00
Interés 8%	14 700.00
Mantenimiento y reparación 15%	27 600.00
Almacenaje, seguro, etc 3%	<u>11 100.00</u>
	S/ 90,200.00

Costo fijo por hora  $\frac{90200}{2000} =$  S/ 45.10

Costo variable por hora.

1) Jornales.

Maquinista.	S/ 5.00
2 Ayudantes.	6.00
Leyes Sociales: 43 %	<u>4.73</u>
	S/ 15.73

Leyes Sociales 43% S/ 3.44

S/ 11.44

2) Combustible.

Petroleo: 3 galones S/ 3.00

Aceite y grasas 8.00

Accesorios. 1.00

S/ 12.00

Costo total por hora:  $70.00 + 11.44 + 12.00 = S/ 93.44$

Dado que el rendimiento de la motoniveladora es de  $1480 \text{ m}^2/\text{h}$  o  $111 \text{ m}^3/\text{hora}$  (promedio) el costo será

Costo ppr metro cúbico:  $\frac{93.44}{111.00} = S/ 0.84$

COMPACTACION Y RIEGO - ya determinado.

Costo por metro cúbico: S/ 1.23

IV) IMPRIMACION.

Con camión distribuidor SPRAYMASTER - LITTLE FORD.

Valor del camión S/ 280 000.00

Valor recuperable 20% 56 000.00

Depreciación S/ 224,000.00

Vida probable: 5 años (10000 horas).

Costo fijo por año.

Amortización 20% S/ 44 800.00

Interés 8% 17 900.00

Mantenimiento y reparación 15% 33 600.00

Almacenaje y seguro 3% 6 700.00

S/ 103,000.00

Costo fijo por hora  $\frac{103000}{2000} = S/ 51.50$



2) Combustible.

Gasolina: 2 galones	S/	3.00
Aceite:		0.20
Pequeños accesorios		<u>0.50</u>
		3.70

Costo Total:  $32.05 + 9.30 + 3.70 = S/ 45.05$

Como la capacidad del camión es de  $3 \text{ m}^3$ , el costo por  $\text{m}^3$  de transporte será

Costo del metro cúbico:  $\frac{45.05}{3} = S/ 15.02$

ESPARCIDO Y NIVELACION.

Por medio de una motoniveladora CATERPILLAR N° 12

Costo de la máquina.	S/	380 000.00
Valor recuperable 20%		<u>76 000.00</u>
Depreciación	S/	304,000.00

Vida probable: 5 años (10000 horas).

Costo fijo por año.

Amortización 20%	S/	61 000.00
Interés 8%		24 300.00
Mantenimiento y reparación 15%		45 600.00
Seguro y accesorios 3%		<u>9 100.00</u>
	S/	140,000.00

Costo fijo por hora  $\frac{140000}{2000} = S/ 70.00$

Costo variable por hora

1) Jornales.

Maquinista	S/	5.00
Ayudante		3.00

## 2) Combustible.

Gasolina: 3 galones	S/	4.50
Aceite, grasas etc.		<u>1.00</u>
	S/	5.50

Costo total por hora :  $45.10 + 15.73 + 5.50 =$  S/ 66.33

Como el rendimiento horario de la Chancadora es de  $15 \text{ m}^3$ , el costo por  $\text{m}^3$  de material granular será

$$\text{Costo por metro cúbico} = \frac{66.33}{15} = \text{S/ } 4.42$$

## TRANSPORTE DEL MATERIAL CHANCADO.

Se hará por medio de 2 camiones F-900.

Valor del volquete	S/	135 000.00
Valor recuperable 20%		<u>27 000.00</u>
Depreciación.	S/	108,000.00

La vida estimada será de 3 años (6000 horas).

## Costo fijo por año.

Amortización 33.3%	S/	36 000.00
Interés 8%		8 700.00
Mantenimiento y reparación 15%		16 200.00
Almanaque, seguro etc. 3%		<u>3 200.00</u>
	S/	64,100.00

$$\text{Costo fijo por hora} = \frac{64100}{2000} = \text{S/ } 32.05$$

Costo variable por hora.

## 1) Jornales

Chofer	S/	4.00
Ayudante		2.50
Leyes Sociales 43%		<u>2.80</u>
	S/	9.30

Costo variable por hora.

Semejante al de los volquetes: S/ 13.00

Costo total por hora: 51.50 + 13.00 = S/ 64.50

Dado que el rendimiento es de 800 m<sup>3</sup>/hora el costo por m<sup>2</sup> sera

Costo por m<sup>2</sup> :  $\frac{64.50}{800}$  - S/ 0.08

al cual habrá que añadir el costo del asfalto MC-0 y de la arena

Costo Total por m<sup>2</sup> = S/ 1.08

V) SUPERFICIE DE RODADURA.

Costo por metro cúbico.

EXTRACCION DEL MATERIAL DE CANTERA: S/ 23.75

CHANCADO DEL MATERIAL : 4.42

TRASPORTE A LA PLANTA DE MEZCLADO : 15.02

PLANTA DE MEZCLADO.

Costo de la planta portátil con unidad clasificadora, unidad mezcladora y secador. S/ 2'200 000.00

Valor recuperable 20% 440 000.00

S/ 1'760,000.00

Costo fijo al año.

Amortización 20% S/ 352 000.00

Interés 8% 141 000.00

Mantenimiento y reparación 15% 264 000.00

Seguro, pérdidas, guardianía etc. 52 800.00

S/ 809,800.00

Costo fijo por hora  $\frac{809800}{2000}$  = S/ 404.90

Costo variable por hora

1) Jornales.

2 Maquinistas.	S/	16.00
15 Ayudantes.		60.00
Leyes Sociales 43%		<u>32.70</u>
	S/	108.70

2) Combustible.

Petróleo.	S/	10.00
Aceite y grasa.		18.00
Accesorios.		<u>5.00</u>
	S/	33.00

Costo total por hora: 404.90 + 108.70 + 33.00 = S/ 546.60

Como la planta rinde 25 Ton/hora = 12.5 m<sup>3</sup>/h se tendrá

Costo por metro cúbico:  $\frac{546.60}{12.5} =$  S/ 43.70

Al cual hay que añadir el costo del asfalto (0.06 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica).

Costo total por metro cúbico: S/ 94.70

TRANSPORTE A LA OBRA : S/ 15.02

ESPARCIDO DE LA MEZCLA ASFALTICA.

Costo de la esparcidora.	S/	500 000.00
Valor recuperable 20%		<u>100 000.00</u>
Depreciación.	S/	400,000.00

Costo fijo al año.

Amortización 20%	S/	80 000.00
Interés 8%		32 000.00
Mantenimiento y reparación 15%		60 000.00
Guardianía, seguro etc 3%		<u>12 000.00</u>
	S/	184,000.00

Costo fijo por hora  $\frac{184000}{2000}$  S/ 92.00

Costo variable por hora.

1) Jornales.

Maquinista	S/	5.00
Ayudante		3.00
6 Peones.		<u>12.00</u>
	S/	20.00

2) Combustible.

Gasolina: 5 galones.	S/	7.50
Aceite y grasas etc.		<u>1.00</u>
	S/	8.50

Costo Total por hora:  $92.00 + 20.00 + 8.50 = S/ 120.50$

Puesto que el rendimiento obtenido de la esparcidora es de  $10.80m^3$  de mezcla esparcida por hora, se tendrá.

Costo por metro cúbico :  $\frac{120.50}{10.80} = S/ 11.15$

RODILLADO DE LA SUPERFICIE ASFALTICA.

S/ 1.23

VI) SELLADO.

1er Sello : Riego de imprimación. S/ 1.08

Rodillado. 0.06

S/ 1.14

2do Sello : 1 lt de asfalto S/ 0.60

0.01 m<sup>3</sup> de arena. 0.25

0.01 gln. de gasolina 0.02

S/ 0.87

Jornales.- considerando un rendimiento diario de  $3000 m^3$

1 sobrestante:  $30/3000$  S/ 0.01

8 obreros : $\frac{8 \times 16}{3000}$	S/	0.04
Leyes Sociales 43%		0.02
Rodillado final.		<u>0.06</u>
	S/	0.13

Costo del 2° sello: S/ 1.00

Costo total del sellado por metro cuadrado: S/ 2.14

#### VII BERMAS.

Se aplican los precios determinados para el afirmado.

Extracción, chancado y transporte:	S/	3.24 /m <sup>2</sup>
Esparcido y nivelación	:	0.06 /m <sup>2</sup>
Compactación y riego	:	<u>0.09 /m<sup>2</sup></u>
	S/	3.39 /m <sup>2</sup>

PROYECTO DE GRADO

Fecha Noviembre 1956

Hecho por R. K. L

CAMINO

Revisado por

SUPUESTO No. I

HOJA No

1-  
7-1-54

TALL. GRAF. "CECIL" S. A. - 59  
16

DESCRIPCION	Unid	Metrals	Costo unitario	SUB-TOTALES	TOTALES
I.-					
Transporte del Tramo 0	m <sup>3</sup>	800.0	4.3	3504 00	
EXPLANACION					
Desagregación de roca blanda a relleno	m <sup>3</sup>	4739.1	11.2	53315	
Acarreo en el Tramo 0	m <sup>3</sup>	0	0.89	1038	
Acarreo en el Tramo I	m <sup>3</sup>	1160.0	1.94	40 1590	
Acarreo en el Tramo II	m <sup>3</sup>	8740.0	3.70	80 2738	
Acarreo en el Tramo III	m <sup>3</sup>	840.0	2.58	00 1393	
Acarreo en el Tramo IV	m <sup>3</sup>	0930.0	1.62	20 1506	
Acarreo en el Tramo V	m <sup>3</sup>	0	1.01	60 30	
Acarreo en el Tramo VI	m <sup>3</sup>	30.00	1.67	30 1352	
Acarreo en el Tramo VII	m <sup>3</sup>	7810.00	2.31	70 1663	
Acarreo en el Tramo VIII	m <sup>3</sup>	1040.00	3.53	20 3671	
Acarreo en el Tramo IX	m <sup>3</sup>	01810.0	3.98	20 7203	
Acarreo en el Tramo X	m <sup>3</sup>	0	1.57	80 580	
Acarreo en el Tramo XI	m <sup>3</sup>	370.00	2.31	90 1316	
Acarreo en el Tramo XII	m <sup>3</sup>	0	2.18	70 959	
Esparcido del material entre las estacas 40 y 82	m <sup>3</sup>	440.0		20	83435
II - MURO DE	m	1074.0	80.0	1576 30	68 86050
III.- SOSTENIMIENTO COMPACTACION	m <sup>3</sup>	1709.0	01.7	00	0002 3
IV.- AFIRMADO			1	20022	2 9
Extrac. chancado y Esparcido y nivelación	m <sup>2</sup>	7000.0	3.2	39	
Compactación y rodillado	m <sup>2</sup>	7000.0	0.0		23730
V -	m	6000.0	38.1	22680	00
VI.- ASFALTADO BERMAS	m	1000.0	43.3	00390	2288 0 0
VII.- DRENAJE			9	00	00
Alcantarillas	u	5	22597.75	12988	
Drenes y cunetas (estimado)			75	3000 0	14298 7
VIII.- SEÑALIZACION		(estim		04000 0	8 4000 5
N				00	00
				S/	592456
Dirección Técnica 10%				32	59245
Utilidad contratista					63 59245
10% Imprevistos 5%					63 29622
					84
				S/	
					740571.02

## I N D I C E

### PROYECTO DE CAMINOS PARA EL AÑO 1954

#### CAPITULO I TRAZO DEFINITIVO

Generalidades  
Características técnicas de la vía  
Descripción del trazo  
Trazo definitivo  
Estudio detallado del Km. N° 1  
Trazado en planta  
Curvas horizontales - Cálculo de curvas horizontales  
Curvas de transición  
Peralte en las curvas  
Transición del peralte  
Sobreancho en las curvas  
Cálculo de los sobreanchos  
Visibilidad  
Trazado en perfil  
Curvas verticales  
Sección transversal  
Derecho de vía  
→ Ancho de las explanaciones  
Volumen de tráfico  
Bombeo de la superficie de rodadura  
Bermas - Cunetas - Taludes  
Sección transversal típica  
Muro de sostenimiento  
Empuje de las tierras  
Cargas originadas en la base de elevación  
Cimentación  
Segundo perfil  
Peso propio de la elevación del muro  
Perspectiva del muro de sostenimiento  
Tipo de vehículo  
Distribución de cargas  
Importancia de la distribución de cargas

#### CAPITULO II CONSTRUCCION Y DRENAJE

Cubicación de cortes y rellenos  
Esponjamiento de las tierras y su contracción al compactarlas  
Línea de Costo Mínimo  
Selección del equipo mecánico  
Trabajo con empujador  
Rendimiento del tractor en cada tramo  
Tramo del material por esparcir  
Análisis del trabajo con pala mecánica  
Número de camiones requeridos  
Trabajo de llenado de camiones a mano



Distribución de trabajo  
Equipo mecánico  
Explosivos  
Rendimiento y tiempo de trabajo  
Trabajo con explosivos  
Construcción de un relleno  
Método de Proctor  
Tiempo empleado en la compactación  
Tiempo empleado en el rodillado  
Construcción de rellenos de roca  
Sub - rasante y sub - base  
Drenaje  
Estructuras destinadas a la eliminación del agua superficial  
Drenaje superficial  
Drenaje de los taludes en corte  
Drenaje de las aguas subterráneas  
Drenaje de terraplenes  
Drenaje de la base y pavimento  
Cálculo de una alcantarilla de 1 m. de luz  
Alcantarilla tipo losa  
Alcantarilla tipo marco  
Análisis de costos  
Cálculo de la losa  
Cálculo de la viga sardinel  
Estribos y alas  
Control de Erosión  
Control de erosión en las cunetas  
Control de erosión en los taludes

### CAPITULO III DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO Y OBRAS ACCESORIAS

Base o afirmado  
Extracción del material de las canteras  
Equipo a emplear  
Tiempo empleado en el esparcido y nivelación del material de afirmado  
Tiempo empleado en la compactación  
Tiempo empleado en el rodillado  
Pavimento  
Cálculo de la cantidad de cemento asfáltico necesario para el concreto asfáltico  
Asfalto  
Planta de mezclado  
Extracción del material de la cantera  
Abastecimiento de la chancadora  
Tiempo empleado en el chancado  
Transporte del material chancado a la planta mezcladora  
Funcionamiento de la planta  
Transporte de la mezcla asfáltica  
Esparcidora de mezcla asfáltica  
Ejecución del esparcido

Rendimientos  
Rodillado - Tiempo empleado en el rodillado  
Sellado - Bermas  
Volumen de los materiales para bermas y sellado  
Obtención de los materiales en cantera  
Chancado del material  
Transporte al punto de utilización  
Señalización  
Tipos de señales  
Normas para el diseño  
Señalización del Kilometro  
Lineas y marcas en el pavimento

#### CAPITULO IV PRESUPUESTO

I EXPLANACION .-A) Primeros 400 m.  
B) Ultimos 600 m.

Desagregación de roca blanda

#### II COMPACTACION DE RELLENOS

#### III AFIRMADO

Desagregación de roca compacta  
Chancado del material  
Compactación y riego

#### IV IMPRIMACION

Esparcido y nivelación  
Transporte del material de Chancado

#### V SUPERFICIE DE RODADURA

Planta de mezclado  
Esparcido de la mezcla asfáltica  
Rodillado de la superficie asfáltica

#### VI SELLADO

#### VII BERMAS

#### BIBLIOGRAFIA

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

CAMINO.

Boletín de la Dirección de Caminos y Ferrocarriles  
( Nos. 3 y 4 ).- Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

Camino .- J. L. Escario.

Apuntes de Caminos : Ing. Raúl Parraud.

Replanteo de Curvas.- O. Sarrazin y H. Obereck.

Asphalt Handbook .- The Asphalt Institute.

Manual de Señalización.- Ministerio de Fomento y  
Obras Públicas.

Apuntes de Mecánica de Suelos: Ing. Emilio Le Roux.