

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES A C A T L A N

Estudio y Proyecto de Obras Menores de Drenaje
para Caminos.

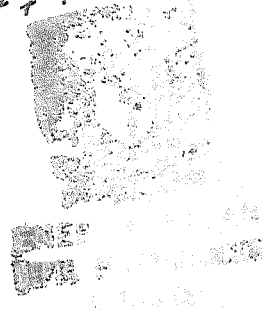
T E S I S

Que para Obtener el Título de INGENIERO CIVIL

Presenta

IGNACIO LUNA AMADOR

7748915-3



M E X I C O 1 9 8 3

M-0028663



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

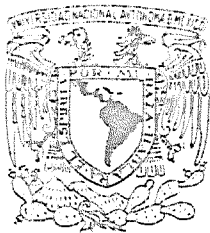


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA,

CI-C-144/82.

SR. IGNACIO LUNA AMADOR
Alumno de la Carrera de
Ingeniería Civil,
P r e s e n t e.

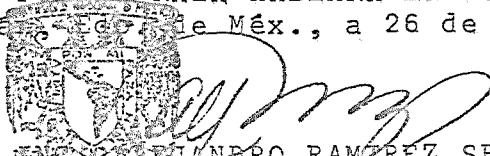
De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 17 de mayo de 1982, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Estudio y Proyecto de Obras Menores de Drenaje para Caminos", el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción
- I.- Estudios de campo
- II.- Drenaje superficial
- III.- Subdrenaje
- IV.- Proyecto de una alcantarilla flexible
- Conclusión

Asímismo fué designado como Asesor de Tesis el Señor Ing. Domingo Pérez Verdejo, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlan, Edo. de Méx., a 26 de Julio de 1982.


ENRIQUE GUANDRO RAMIREZ SECEÑA
Coordinador del Programa de Ingeniería,
ENEP - ACATLAN
COORDINACION DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

A MIS PADRES

CON RESPETO Y GRATITUD

A MI ESPOSA E HIJOS

CON CARIÑO Y AGRADECIMIENTO

A MI ESCUELA Y MAESTROS

CON RECONOCIMIENTO Y PROBIDAD

A MIS FAMILIARES

COMPAÑEROS Y AMIGOS.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1.- ESTUDIOS DE CAMPO	3
1.1.- HIDROLOGICOS	3
1.2.- TOPOGRAFICOS	13
1.3.- HIDRAULICOS	16
1.4.- MECANICA DE SUELOS	22
CAPITULO 2.- DRENAJE SUPERFICIAL	25
2.1.- CUNETAS Y CONTRACUNETAS	25
2.2.- ALCANTARILLAS TRANSVERSALES	29
2.2-a.- De bóveda	31
2.2-b.- De Losa	32
2.2-c.- De tubo	33
2.3.- BORDILLOS	36
2.4.- LAVADEROS	36
CAPITULO 3.- SUBDRENAJE	38
3.1.- SUBDRENES LONGITUDINALES	44
3.2.- DE CAPAS ROMPEDORAS DE CAPILARIDAD	53
3.3.- DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION	53
3.4.- TRINCHERAS ESTABILIZADORAS	59
3.5.- GALERIAS FILTRANTES	62
3.6.- POZOS DE ALIVIO	66
CAPITULO 4.- PROYECTO DE UNA ALCANTARILLA FLEXIBLE	68
LOCALIZACION DEL EJE DE LA OBRA	71
AREA POR DRENAR	75
AREA HIDRAULICA NECESARIA	75
ELECCION DEL TIPO DE OBRA	76
DISEÑO GEOMETRICO DE LA OBRA	76
CALCULO DE LONGITUD DE LA OBRA	79
CONCLUSION.-	90

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

Drenaje es un sistema para desalojar el agua que llega a los caminos, ya sea por precipitación, escurrimiento e infiltración, evitando que el agua circule excesivamente por el camino y pueda causar severos daños a las terracerías y pavimentos, así como deslizamientos o erosión de taludes naturales y de terraplen. Por las características naturales de los distintos tipos de suelos y por la forma en que a -- ellos llega el agua, es como se presenta el drenaje que puede ser superficial ó subterráneo.

Hablar de drenaje y subdrenaje en caminos, equivale a tratar uno de los aspectos críticos dentro del proyecto y - construcción de este tipo de obras, sabemos que la mayoría de los fracasos en obras viales se deben a la influencia -- del agua, por esto hemos adquirido la conciencia de que el mal drenaje en caminos sujetos a la acción del agua, inde-- pendentemente del cuidado que se haya puesto a las demás - etapas de su diseño y construcción, están expuestas definitivamente a una rápida destrucción.

Un análisis que confirma lo anterior es hablar de la - resistencia al esfuerzo cortante, dada por la fórmula de -- Coulomb $S = c + \bar{V} \tan \phi$; siendo s la resistencia al es--- fuerzo cortante, c es la cohesión del material, la cual esta en función de su contenido de agua, $\bar{V} = V - \mu$ siendo \bar{V} el esfuerzo normal efectivo, V es el esfuerzo normal total, μ es la presión neutral en el agua, de manera que al - aumentar ésta el \bar{V} va ha ser menor y con ésto será menor la resistencia al esfuerzo cortante.

De ahí que la adecuada elección del tipo de obra y aten

ción especial que se debe prestar al diseño de las mismas, considerando todos los elementos que intervienen en la situación tales como: la importancia de la obra, las condiciones del flujo del agua, las formaciones geológicas en que se lleva a cabo, las características de la cuenca, etc., y aún más importante de la variación de estos factores durante la vida útil de la obra, debido a que con el tiempo los caminos son modificadores de la ecología de las regiones que atraviesan.

A fin de estudiar mejor el drenaje, nos valemos de la clasificación empírica de obras mayores y menores, correspondiendo el primer nombre a las estructuras con claro mayor de seis (6) metros, que son los puentes, siendo las obras menores de drenaje el motivo de este trabajo, iniciaremos con los estudios de campo que deben realizarse: mencionaremos los tipos de obras, sus limitaciones y funcionamiento óptimo con lo anterior estaremos en condiciones de efectuar una acertada elección del tipo y tamaño de la obra, resolveremos un problema real y específico que es el proyecto de una alcantarilla flexible.

Sabiendo que el drenaje de caminos es una de las obras más comunes, por este motivo debemos poner especial interés en su diseño, ya que cada proyecto de éste tipo es único y las condiciones cuantitativas de su análisis, no pueden extrapolarse a otro, estableceremos primero la bondad del método utilizado, ya que aunque el problema por analizar no tenga las mismas condiciones para las cuales fue deducido el anterior, puede proporcionar un resultado cualitativo de gran utilidad siempre y cuando se sepa interpretar.

CAPITULO 1

ESTUDIOS DE CAMPO

Los estudios que deben realizarse para el diseño de obras son; hidrológicos, topográficos, hidráulicos y geotécnicos, ya que por medio de ellos determinamos la localización del eje de la obra, área por drenar, área hidráulica necesaria para desalojar el gasto del proyecto, el diseño geométrico y la elección del tipo de obra, que son los principales puntos que deben considerarse para obtener el proyecto adecuado, debiendo ser el más económico y funcional.

En éste capítulo exponemos generalidades sobre los principios básicos del comportamiento del agua, describimos la forma de como se investigan, registran y presuponen los datos para precipitaciones pluviales, así como los métodos para el cálculo de áreas necesarias, pendientes y forma de las cuencas, además de estudiar la modificación en las propiedades mecánicas de los suelos, sujetos a la acción del agua.

1.1 ESTUDIOS HIDROLOGICOS

La hidrología es la ciencia natural que trata sobre el agua, su ocurrencia, circulación y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre, siendo sus principales objetivos; la obtención de la avenida máxima que con una determinada frecuencia puede ocurrir en un cierto lugar, y el conocimiento de la cantidad, frecuencia y naturaleza de ocurrencia del transporte del agua sobre la superficie terrestre.

En la República Mexicana las principales fuentes de in

formación sobre datos hidrológicos son: la Secretaría de -- Agricultura y Recursos Hidráulicos, la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Internacional de Límites y Aguas.

Debido a la complejidad de los procesos naturales que - intervienen directamente en los fenómenos hidrológicos, difi- cilmente pueden ser examinados mediante razonamientos deduc- tivos rigurosos, no siempre es aplicable una ley física fun- damental para determinar el resultado hidrológico esperado; lo que debe hacerse es partir de una serie de datos observa- dos, analizarlos estadísticamente y después tratar de esta- blecer la norma que gobierne dichos sucesos, ésto establece la necesidad de contar con registros de varios años de los - diversos componentes que intervienen en los problemas hidro- lógicos.

Empezaremos por analizar las características fisiográfi- cas de la cuenca, ya que la cuenca de drenaje de una corrien- te, es el área que contribuye al escurrimiento y que propor- ciona el flujo de la corriente principal y sus tributarios, está limitada por su parte-aguas, que es la línea formada - por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza las corrie- tes en los puntos de salida, las cuencas tributarias estarán a su vez divididas por parteaguas interiores, estas subdivi- siones se hacen de acuerdo con las estaciones hidrométricas existentes en la zona, para una cuenca pequeña la forma y -- cantidad del escurrimiento estan influidos principalmente -- por las condiciones físicas del suelo, en cambio para una - cuenca muy grande el efecto de almacenaje del cauce es muy - importante, la cuenca pequeña es aquella cuyo escurrimiento es sensible a lluvias de alta intensidad y corta duración.

El escurrimiento del agua en la cuenca depende de sus -

características fisiográficas, entre los principales tenemos su área, pendiente, características del cauce principal, elevación de la cuenca y red de drenaje, mencionaremos algunos métodos para el cálculo de ellos.

El área drenada de una cuenca; es el área en proyección horizontal encerrada por sus parteaguas, se determina con un planímetro apoyándose en planos de restitución fotogramétrica o bien midiéndola directamente en el campo cuando se trata de superficies pequeñas y se expresa en Km.²

Para el cálculo de la pendiente existen varios criterios el Alvord, Horton y Nash.

CRITERIO DE ALVORD.- Se analiza primero la pendiente existente entre las curvas de nivel, estudiando la faja definida por las líneas medias que pasan entre las curvas de nivel, obteniéndose para cada faja la pendiente de su área tributaria, entonces la pendiente de la cuenca será el promedio pesado de la pendiente de cada faja en relación con su área, resultando la fórmula siguiente:

$$S_c = \frac{D L}{A} \quad (11-1)$$

Donde: A = Área de la cuenca en Km.²

D = Desnivel constante entre curvas de nivel en Km.

L = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en Km.

S_c = Pendiente de la cuenca.

CRITERIO DE HORTON.- Se traza una malla de cuadrados so

bre el plano del área de la cuenca en estudio, la cual conviene orientar, en el sentido de la corriente principal, se mide la longitud de cada línea con las curvas de nivel, finalmente Horton considera que la pendiente media de la cuenca se determina por:

$$S_c = \frac{N D \text{ Sec } \theta}{L} \quad (1.1-2)$$

Donde: $L = L_x + L_y$ = Longitud total de las líneas de las mallas en la dirección x, y, comprendidas dentro de la cuenca.

$N = N_x + N_y$ = Número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en la dirección x, y, con las curvas de nivel.

θ = Angulo entre las líneas de la malla y las curvas de nivel.

Como resulta muy laborioso determinar la $\text{sec } \theta$ de cada intersección, Horton sugiere usar en la práctica un valor promedio de 1.52.

CRITERIO DE NASH.- Es análogo al de Horton, considerando la pendiente en cada punto como la relación entre el desnivel de las curvas y la mínima distancia medida entre las curvas de nivel, se calcula la pendiente en cada intersección y su media se considera la pendiente de la cuenca, al emplear este criterio es posible construir una gráfica de distribución de frecuencias de las pendientes medidas en cada punto.

ELEVACION DE UNA CUENCA.- La variación en elevación de

una cuenca, así como su elevación media puede obtenerse con el método de las intersecciones, la cuenca se divide en cuadros iguales, por lo menos 100 intersecciones deben estar -- comprendidas dentro de la cuenca, conviene calcular en una -- cuenca, la gráfica de distribución área - elevación, ésta -- gráfica se obtiene dibujando los porcentajes del área abajo ó arriba de las distintas elevaciones, la curva área - elevación se puede considerar como el perfil de la cuenca, y su pendiente media (en metros por Km²), es de uso estadístico - en comparación de cuencas, los datos área-elevación, se ob-- tienen utilizando un planímetro en el plano topográfico de - la cuenca y valuando el área encerrada entre las curvas de - nivel y el parteaguas de ésta.

RED DE DRENAJE.- Una característica importante de cualquier cuenca es la trayectoria ó arreglo de los cauces de las corrientes naturales dentro de ella, su importancia se manifiesta en la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante, la densidad de drenaje se expresa como la longitud de las corrientes por unidad de área.

Para medir la precipitación lo hacemos en términos de - la altura de la lámina de agua por medio de pluviómetros y - pluviógrafos, y la expresamos comunmente en mm. en la Repú- blica Mexicana se dispone aproximadamente de 2,000 pluvióme- tros y 300 pluviógrafos, actualmente se emplean pluviógrafos de registro directo en cinta magnética, pudiendo combinarse la recopilación de datos con el uso de las maquinas electró- nicas y aún más se estan empleando aparatos que transmitan - directamente sus registros a una estación central, sin que - se registren en los aparatos, también se han desarrollado -- técnicas para usar el radar, con el objeto de determinar el área de la distribución de la intensidad de precipitación --

combinado con estaciones pluviométricas y pluviográficas.

Dentro de los métodos para calcular la precipitación media sobre una zona tenemos: el promedio aritmético, método de Thiessen y método de isoyetas, éste último es el más exacto. Para emplear este criterio se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada en las diversas estaciones de la zona en estudio, las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación, se requiere además de un criterio para trazar el plano de isoyetas si la precipitación es del tipo orográfico (precipitación debida al levantamiento del aire producido por las barreras montañosas), las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel, para calcular la altura de precipitación media en una determinada zona se usa la ecuación:

$$h_{pm} = \sum_{i=1}^n h_{pi} \frac{A_i}{A} \quad (1.1-3)$$

Donde: h_{pm} = Altura de precipitación media de la zona en estudio en mm.

h_{pi} = Altura de precipitación media entre dos isoyetas.

A_i = Area entre isoyetas en Km^2 .

A = Area de la cuenca en Km^2 .

n = Número de tramos entre isoyetas.

VALUACION DEL GASTO.- Cuando la proporción de precipitación pluvial ha sido decidida queda aún el problema de determinar que proporción de la misma debiera considerarse como escurrimiento superficial, atendiendo a los factores que afectan al escurrimiento, enunciados anteriormente.

Númerosas fórmulas empíricas y métodos se han desarrollado para estimar el escurrimiento de las aguas pluviales y la mayoría de ellos dan resultados satisfactorios en las condiciones y localidades para las cuales fueron ideados.

En las fórmulas indicadas a continuación interviene un coeficiente que depende del tipo de terreno, una es aplicable a áreas pequeñas y otra a las áreas grandes, debido a los pocos datos de precipitaciones pluviales que existen en el país, solo en casos muy especiales podrán aplicarse éstas fórmulas.

FORMULA DE BURKLI-ZIEGLER.- Se emplea para calcular el gasto máximo producido por una alcantarilla, debido a un aguacero intenso en una área tributaria pequeña, menor de 250 Has.

$$Q = 0.022 ch \sqrt[4]{s} \sqrt[4]{A^3} \quad (1.1-4)$$

Donde Q = Cantidad que llega a la alcantarilla, aportada por cada hectárea tributaria, en m³/seg.

C = Coeficiente que depende de la clase de terreno (tabla No. 1.1)

h = Precipitación correspondiente al aguacero más intenso de 10 min. de duración total en cm/hora.

s = Pendiente del terreno en mts. por Km.

A = Area por drenar en hectáreas.

FORMULA DE DICKENS.- Se emplea para calcular el gasto máximo producido por una alcantarilla, debido a una lluvia de 24 hrs. de duración en una área tributaria grande, entre 250 Has y 250 Km².

$$Q = 0.01386 C \sqrt[4]{A^3}$$

(1.1-5)

Donde Q = Gasto de la alcantarilla aportado por toda el área m³/seg.

C = Coeficiente que depende de la clase de terreno y de la altura total de la lluvia en 24 Hrs. (Tabla No. 1.1 y 1.2)

Con las fórmulas anteriores, podemos calcular el volumen máximo de escurrimiento que regirá las dimensiones de la alcantarilla, pero es conveniente indicar que el método más -- apegado a la realidad en este tipo de calculos es el de sección y pendiente.

Este método consiste en determinar el gasto máximo en función de la pendiente hidráulica del arroyo y de los elementos hidráulicos de la sección transversal promedio, definida por las huellas dejadas en las márgenes por las máximas avenidas, es aplicable cuando se trata de construir una alcantarilla en un arroyo de cauce bien definido, para su empleo es necesario determinar; el área de la sección transversal media de la corriente, el radio hidráulico de dicha sección la pendiente hidráulica del arroyo, las características del estado del cauce, a fin de elegir el coeficiente de rugosidad (ν), con estos datos se determina la velocidad media de la corriente y con la fórmula de continuidad calculamos el gasto.

Los resultados de este método son apegados a la realidad siempre que las huellas encontradas sean claras y precisas y que correspondan realmente a la creciente máxima, en general éstas huellas son producto de la erosión del agua sobre las

VALORES DE C	CLASE DE TERRENO
0.75	Calles pavimentadas o distritos comerciales
0.625	Calles ordinarias de ciudad
0.30	Parques y calles con macadam
0.25	Terreno de cultivo (el más comunemente usado)

TABLA No. 1.1

VALORES DE C		CLASE DE TERRENO
Precipitación de 10 cm/24 hrs	Precipitación 15 cm/24 hrs	
200	300	Terreno Plano
250	325	Lomerio suave
300	350	Lomerio pronunciado

TABLA No. 1.2

paredes laterales del cauce, postes, arboles, estructuras, --
 étc., examinando éstas se encontraran los niveles de las máxi-
 mas avenidas, de ellos se escogerá el producido con el tiempo
 de frecuencia escogido para la alcantarilla (generalmente el
 mayor producido en un lapso de 10 años), que será el que nos
 defina dentro de la sección del cauce, el área hidráulica de
 la máxima avenida.

La velocidad se calcula mediante la fórmula de Chezy:

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}$$

Donde V = Velocidad media de la corrinete.

n = Coeficiente de rugosidad

$r = \frac{A}{P}$ = radio hidráulico = $\frac{\text{área hidráulica}}{\text{perímetro mojado}}$

s = Pendiente hidráulica

Que es aplicable a un régimen permanente uniforme, pero
 puede aplicarse a corrientes naturales cuya variación de sec-
 ción y pendiente no sea mayor de un 10%, ya que de ser mayor
 se concidera como régimen variable. La pendiente hidráulica
 es aproximadamente igual a la del fondo, por lo que generalmen-
 te puede tomarse ésta como pendiente hidráulica, el coeficien-
 te de rugosidad en general se determina estimativamente, y --
 por comparación tomando los valores de los manuales de hidráu-
 lica, comparando el material descrito y los materiales que --
 forman el fondo y márgenes del arroyo.

1.2 ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

Tienen por objeto conocer físicamente el cauce que se pretende estudiar, es decir su localización, desnivel y dirección en el cauce, generalmente dichos estudios de una planta detallada, un perfil según el fondo del cauce y secciones transversales del cauce; que son elementos necesarios para la localización de la alcantarilla y para el trazo del eje longitudinal de la obra.

Además de contar con el trazo del eje del camino, que bien puede efectuarse con la ayuda de la fotogrametría, ya que el camino se localiza directamente sobre los mozaicos -- compuestos por un gran número de fotografías, obteniéndose -- con ésto una amplia zona en la cual se requiere proyectar el camino y se puede decir sin lugar a dudas que difícilmente -- hay otra localización en planta más económica y eficiente -- que la escogida.

En general para la localización de alcantarillas prevalecen los mismos principios que para la localización de puentes, además de que en alcantarillas la localización comprende el alineamiento horizontal y vertical.

El alineamiento horizontal de la alcantarilla, debe procurarse que coincida con el cauce, ya que así sera más eficiente, sin embargo en cauces de curso variable, éste puede rectificarse y así obtener mayor velocidad.

Generalmente las alcantarillas se localizan en el fondo del arroyo, cañada o depresión que desaguaran, en los puntos bajos del perfil es conveniente colocarlos para dar salida a el agua que de los lados escurre, el espaciamiento de estas

alcantarillas está de acuerdo con la pendiente, clase de suelo, ancho de la sección y según la importancia de camino.

Alineamiento vertical.- Conviene dar a las alcantarillas igual pendiente que la del lecho de la corriente ya que si se modifica ésta, se azolvará la entrada ó erosionará la salida, dependiendo del cambio de pendiente sin embargo por obtener economía en el volumen de terracerías, es necesario a veces modificar la pendiente del cauce sacrificando en parte el buen funcionamiento de la obra, los cambios de pendiente se suavizan mediante canalizaciones convenientes, favoreciendo así el funcionamiento hidráulico.

En general la plantilla de la alcantarilla ó sea el punto más bajo del perímetro interior de la misma, se proyectara a una elevación tal que permita desalojar de una manera rápida y segura el agua superficial del terreno adyacente aguas-arriba, se procurara que los cambios de velocidad producidos por el cambio de la pendiente en el cauce, estén de acuerdo con la resistencia del terreno a la erosión, pudiendo aumentar esta resistencia protegiendo la plantilla generalmente por medio de un zampeado.

Una vez determinado el punto del cruce, siempre y cuando la forma del mismo y su pendiente longitudinal lo permitan teniendo en cuenta la pendiente máxima en obras que es de 12% para losas y bóvedas y 30% en tubos, salvo en casos que por el tipo de terreno se requiera aumentar un poco la pendiente se permitirá, pero tendrán que hacerse recomendaciones especiales para su construcción.

El trazo del eje de la obra se hará fijandose los extremos mediante estaciones que servirán también como bancos de ni

vel auxiliares en la construcción, tanto para fijar por distancia los extremos de la alcantarilla, como también para -- correr niveles, es conveniente colocar estacas como testigos para facilitar la localización del nivel, los cuales deberán marcarse con el número del nivel, lado a que pertenece y distancia al centro de la línea.

Deberá procurarse hasta donde sea posible que los ejes de las obras sea normales y radiales al eje del camino, ya sea que estén en tangente o en curva respectivamente, cuando la dirección del escurrimiento no permite trazarlos en esta forma, tendran que esviarse de acuerdo con el eje del escurridero, entendiendose por esviaje el ángulo que forma el -- eje de la obra con la normal al eje del camino, dicho esviaje podra ser derecho o izquierdo, según se encuentre desplazado con respecto a la normal y en la dirección del cauce.

El esviaje varia de 10° a 45° (como máximo), permitiendose esviajes menores de 10° o mayores de 45° en casos que -- por condiciones muy especiales se justifique, por ejemplo en cruces encajonados, canales de riego, etc.

Cuando el eje del camino esta localizado en terreno montañoso y la pendiente transversal del mismo es muy fuerte, -- resulta casi imposible colocar los ejes de las obras en los fondos de los escurrideros, porque la pendiente del fondo es mayor que la especificada como máxima, en éste caso se busca -- ra otra solución que consiste en colocar el eje en la ladera del escurridero y a la salida, escogiendo la margen que presente mejores condiciones de esviaje, cimentación, etc., -- otro punto importante al colocar éste tipo de obras, es procurar que la entrada de la misma quede directamente sobre el -- cauce natural del escurridero, garantizandose así su mejor -- funcionamiento.

Generalmente es suficiente colocar cuatro niveles auxiliares, dos a cada lado del cauce, y la distancia para colocarlos variará según su topografía, normalmente es suficiente alejarlos de 40 a 50 mts. del centro de la línea.

El levantamiento de la sección y la fijación de los niveles se efectúan con nivel montado, partiendo de un banco de nivel o de las elevaciones de los trompos correspondientes a estaciones cercanas a la obra.

Cuando se trata de una obra de importancia, es necesario hacer un levantamiento topográfico del cauce, para esto se fijaran estaciones sobre el eje longitudinal de la obra a cada 10.00 m. hasta 50.00 m del centro de la línea a ambos lados del cauce, se nivelaran y estos servirán de referencia para las secciones de topografía que generalmente se levantan normales al eje de la obra.

1.3 ESTUDIOS HIDRAULICOS

El problema es semejante al de los puentes, aunque en menor escala, tomando como base los resultados obtenidos por los estudios hidrológicos, calcularemos el área hidráulica necesaria que es aquella capaz de dejar pasar un determinado gasto (Q) producto de la precipitación del lugar.

Mencionaremos algunos procedimientos para calcular el área hidráulica necesaria.

POR COMPARACION.- Este procedimiento es aplicable cuando se va a construir una alcantarilla donde ya existía otra, en este caso sirven de base las huellas visibles ó los informes de las personas del lugar, siempre y cuando los informes se refieran a no menos de 10 años será entonces posible pro-

porcionar correctamente la capacidad de la nueva alcantarilla por comparación con el área hidráulica existente.

PROCEDIMIENTO EMPIRICO.- Por lo que respecta a este procedimiento, se aplicara si no existe ninguna estructura y especialmente cuando no hay datos respecto a el gasto máximo del arroyo, ni de la precipitación pluvial, consiste en el empleo de la fórmula émpirica de Talbot ya establecida:

$$a = 0.183 c \sqrt[4]{A^3} \quad (1.3-1)$$

Donde: a = Area hidráulica que debera tener la alcantarilla en m².

c = Coeficiente que depende del tipo de terreno (Tabla No. 1.3)

A = Area por drenar

Este método esta bastante generalizado y consiste en el cálculo del área hidráulica de una alcantarilla en función del área drenada y de las características topográficas de la cuenca por drenar, al deducir la fórmula no fue considerada la intensidad de precipitación, la velocidad considerada en la deducción de ésta fórmula fue de 3 m/seg y para lluvias de 100 m.m. por hora, lo que la hace poco exacta, además de haber considerado una superficie de 20,000 Has., por otro lado este valor no tiene mayor importancia ya que usualmente las alcantarillas drenan áreas mucho más pequeñas.

VALOR DE C	T O P O G R A F I A
1.00	Montañoso y escarpado
0.80	Con mucho lomerio
0.60	Con lomerio
0.50	Muy ondulado
0.40	Poco ondulado
0.30	Casi plano
0.20	Plano

TABLA No.1.3

TABLA No. 1.4

FORMULA DE TALBOT.- Area Hidráulica en m²

Area drenada Hectáreas	Terreno montañoso	Lomerío escarpado	Lomerío	Terreno ondulado	Terreno plano
	C = 10	C = 0.8	C = 0.6	C = 0.5	C = 0.3
0.5	0.11	0.09	0.07	0.06	0.03
1	0.18	0.14	0.11	0.09	0.05
1.5	0.25	0.20	0.15	0.12	0.07
2	0.31	0.25	0.19	0.16	0.09
3	0.42	0.34	0.25	0.21	0.13
4	0.52	0.42	0.31	0.26	0.16
5	0.61	0.49	0.37	0.30	0.18
6	0.70	0.56	0.42	0.35	0.21
7	0.79	0.63	0.47	0.40	0.24
8	0.87	0.70	0.52	0.44	0.26
9	0.95	0.76	0.57	0.48	0.28
10	1.03	0.82	0.62	0.52	0.31
12	1.18	0.94	0.71	0.59	0.35
14	1.32	1.06	0.79	0.66	0.40
16	1.46	1.17	0.88	0.73	0.44
18	1.60	1.28	0.96	0.80	0.48
20	1.73	1.38	1.03	0.86	0.52
22	1.86	1.49	1.12	0.93	0.56
24	1.99	1.59	1.19	1.00	0.60
26	2.11	1.69	1.27	1.05	0.63
28	2.23	1.78	1.34	1.12	0.67
30	2.25	1.88	1.41	1.18	0.71
40	2.91	2.33	1.75	1.45	0.87
50	3.44	2.75	2.06	1.72	1.03
60	3.95	3.16	2.37	1.98	1.18
70	4.43	3.54	2.66	2.22	1.33
80	4.90	3.92	2.94	2.45	1.47
90	5.35	4.28	3.21	2.67	1.61

Area drenada Hectáreas	Terreno montañoso	Lomerío escarpado	Lomerío	Terreno ondulado	Terreno plano
	C = 10	C = 0.8	C = 0.6	C = 0.5	C = 0.3
100	5.79	4.63	3.47	2.90	1.74
120	6.45	5.16	3.87	3.22	1.94
140	7.45	5.96	4.47	3.72	2.24
160	8.24	6.59	4.94	4.12	2.47
180	9.00	7.20	5.40	4.50	2.70
200	9.74	7.79	5.84	4.87	2.92
225	10.64	8.51	6.38	5.32	3.19
250	11.51	9.21	6.90	5.75	3.45
275	12.36	9.89	7.42	6.18	3.71
300	13.20	10.56	7.92	6.60	3.96
400	16.38	13.10	9.83	8.19	4.91
500	19.36	15.49	11.62	9.68	5.81
600	22.20	17.76	13.32	11.10	6.66
700	24.92	19.94	14.95	12.46	7.48
800	27.54	22.03	16.52	13.77	8.26
900	30.81	24.64	18.48	15.40	9.24
1000	32.56	26.04	19.54	16.28	9.77
1200	37.33	29.86	22.40	18.66	11.20
1400	41.91	33.52	25.15	20.96	12.57
1600	46.32	37.05	27.79	23.16	13.90
1800	50.60	40.48	30.36	25.30	15.18
2000	54.76	43.81	32.86	27.38	16.43
2250	56.82	45.46	34.09	28.41	17.05
2500	64.74	51.79	38.84	32.37	19.42
2750	69.53	55.62	41.72	34.76	20.86
3000	74.22	59.37	44.53	37.11	22.27
3200	77.90	62.32	46.74	38.95	23.37
3400	81.53	65.22	48.91	40.76	24.46
3600	85.10	68.08	51.06	42.55	25.53
3800	88.62	70.90	53.17	44.32	26.50
4000	92.10	73.68	55.26	46.05	27.63

PROCEDIMIENTO RACIONAL.- Es mediante la precipitación pluvial, éste método consiste en proyectar la alcantarilla de dar paso a una cantidad de agua determinada por el escu--rrimiento probable del agua de lluvia, las fórmulas para cal--cular los gastos requieren del conocimiento de la precipita--ción pluvial del área de la vertiente, de su topografía y de la clase de suelo, los tres últimos datos se pueden determi--nar por observación directa en cualquier lugar en el momento en que se necesiten, pero de la precipitación pluvial debe --conocerse su valor máximo en un número suficientemente gran--de de años las fórmulas que utiliza éste método son las de --Burkli-Ziegler y Dikens mencionadas anteriormente.

Una vez conocida en el área hidráulica que debe darse a la alcantarilla determinaremos las condiciones que afectan --la forma de dicha área y la manera de proporcionar las dimen--siones de las alcantarillas, como ya hemos dicho que en el --proyecto de una alcantarilla debe lograrse que el paso del --agua sea de tal manera que no cauce trastornos al camino y --que no requiera excesivos cuidados de conservación, este se--ra el criterio general que se tendra en cuenta al proporcio--nar las dimensiones, si suponemos una alcantarilla de sec---ción rectangular, en la cual se puede conservar determinada área hidráulica cambiando el ancho y la altura, hay siempre la tendencia de reducir el ancho natural del arroyo constru--yendo una alcantarilla lo más angosta posible para que resul--te lo más económico, por otro lado sabemos que esto general--mente no es cierto, si se reduce el claro, al aumentar la al--tura, aumenta el costo, además tampoco es aceptable porque --la sobreelevación producida por el angostamiento de la sec--ción puede causar aguas arriba de la alcantarilla perjuicios por inundación debido a que el aumento de la velocidad del --agua puede ocasionar erosiones en el lecho del arroyo bajo --la alcantarilla así como en el cauce natural aguas abajo de la alcantarilla.

De acuerdo a lo anterior debe proyectarse la alcantarilla de modo que las modificaciones de velocidad que ella provoque en la corriente esten de acuerdo con la resistencia - del terreno a la erosión, pues en caso de producirse una velocidad demasiado grande, habría que proteger el lecho de la alcantarilla desde cierta distancia aguas arriba y también - aguas abajo de ella, esto puede traducirse en un costo total superior al de una alcantarilla más ancha, que no requeriría protección adicional ni conservación costosa, por alterar me nos las condiciones naturales del escurrimiento en el arroyo podemos decir que debemos procurar tener siempre velocidades menores a 3m/seg.

Las alcantarillas de camino se consideran siempre hidráulicamente como tubos cortos, ya que su longitud generalmente es menor de cincuenta veces su diámetro, cuando su longitud excede notablemente de cincuenta diámetros, habrá que considerarse como tubo largo; debe tenerse en cuenta lo anterior para no calcularlas indistintamente.

1.4 ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

Los suelos estan formados por la desintegración de rocas producidas por agentes naturales a saber; viento, agua, hielo, cambio de temperatura, así como acciones químicas, además intervienen en la formación de los suelos el crecimiento de plantas y la vida animal.

Los suelos sedentarios, así como los transportados estan constituidos principalmente por silicatos con cantidades variables de aluminio, hierro, cal, magnesio y los álcalis - junto con pequeñas cantidades de materia orgánica, se denominan suelos primarios los de carácter y composición homogénea, los suelos mixtos con los formados por la mezcla de otros -- suelos.

Un suelo contiene generalmente partículas de diversos - tamaños los cuales les dan así variadas texturas; los porcentos de partículas de distintos tamaños que contienen determinan el lugar que ocupa cada suelo en la clasificación que se consigna en la Tabla No. 1.5

El porcentaje de partículas de distintos tamaños se obtiene mediante análisis macroscopico por medio de mallas y prueba del hidrómetro.

Además de la textura, las características físicas de -- los suelos que influyen en su utilidad son: capacidad de retener humedad, capilaridad, rapidez de infiltración, rapidez con que pierden su textura a causa del agua, abundamiento, - plasticidad, fricción y cohesión.

En resumen la textura y estructura son las principales

propiedades de los suelos que determinen la forma como deben ser drenados y preparados para cimientos de obras de drenaje.

Para los fines prácticos del drenaje clasificaremos los suelos primarios en: arcilla, arena y grava; pero debe recordarse que muchos de los suelos secundarios o mixtos son: lama, marga y tepetate, se presentan generalmente en la construcción de caminos siendo tan importantes como los anteriores.

Para llevar a cabo un estudio de mecánica de suelos para obras menores de drenaje, es necesario contar con generalidades y localización donde se lleve a cabo la obra, esto nos lo proporcionan los estudios hidrológicos y topográficos de acuerdo a esto se efectúa la exploración que se lleva a cabo con la perforación de pozos a cielo abierto con profundidades máximas de 2.0 m. y se obtienen muestras alteradas con lo que se determina su granulometría, límites de consistencia, deformación y capacidad de carga.

TABLA No. 1.4

COMPOSICION FISICA DE LOS SUELOS

TIPO DE SUELO	PORCIENTO DE PARTICULAS DE DISTINTOS TAMAÑOS							Porciento de espacio de poros	Número de granos en un gramo (Millones)	Area superficial de 1m ³ de granos de suelo. (Metros 2)
	Grava Fina	Arena Gruesa	Arena Media	Arena Fina	Arena muy Fina	Aluvi6n	Arcilla			
ARENA GRUESA	5.0	13.0	27.0	30.0	11.0	8.5	5.5	40.0	3 276	136 000
ARENA MEDIA	5.0	13.0	20.0	32.5	14.0	9.0	6.5	41.8	3 956	146 000
LAMA ARENOSA	5.0	10.0	11.0	26.0	11.0	22.0	15.0	51.0	6 485	218 400
LAMA ARENOSA FINA	2.0	2.5	5.0	20.0	27.5	32.0	11.0	50.0	4 902	203 500
LAMA DE ALUVION	1.0	1.5	2.5	6.0	11.0	56.0	22.0	53.0	9 639	341 300
LAMA ARCILLOSA	3.0	5.0	5.0	12.0	10.0	28.0	37.0	54.0	16 371	446 000
ARCILLA	0.0	2.0	2.5	5.5	7.0	37.0	46.0	56.0	19 525	466 000

CAPITULO 2

DRENAJE SUPERFICIAL

Primeramente se harán algunas consideraciones sobre el drenaje superficial en caminos, entendiéndose por éste el que tiene por objeto captar y encauzar adecuadamente las aguas -- que corren sobre el terreno natural adyacente al camino o sobre la estructura de este.

Generalmente el agua proviene de las lluvias directas en la zona, o bien de escurrideros aunque existen casos en que se originan en inundaciones de corrientes fluviales ó en manantiales.

Para poder drenar superficialmente el agua efectuaremos obras denominadas de captación y defensa que también conocemos como de drenaje longitudinal y comprenden: cunetas, contracunetas, canales auxiliares, bordillos, etc., y obras de cruce ó de drenaje transversal como son las alcantarillas, cajones de entrada, muros transversales, desarenadores, lavaderos, -- vertedores, etc., aunque indirectamente ligado a las obras de captación y defensa es indispensable mencionar el bombeo del camino, que es la pendiente que se da a la corona del camino hacia uno y otro lado para evitar la acumulación de agua en éste, el bombeo no sólo depende de la precipitación pluvial -- sino también de la clase de la superficie del camino, ya que una superficie dura y lisa requiere menos bombeo que una rugosa y no bien compacta.

2.1 CUNETAS Y CONTRACUNETAS

CUNETAS.- Las cunetas son pequeñas zanjas paralelas al eje longitudinal del camino, se construyen al pie del talud del corte, con el objeto de captar y encauzar por gravedad --

las aguas pluviales que le llegan desde el talud del corte y desde el pavimento del camino, normalmente la cuneta cubre toda la longitud del corte manteniendo pendiente longitudinal - en el sentido del eje del camino, descansando el agua hacia una parte baja o cañada en donde pueda fluir sin causar problema a la obra, normalmente el tramo final de la bajada hacia la cañada tendrá generalmente una pendiente excesiva, se acostumbra proteger esa zona con una estructura de descarga llamada lavadero.

desde el punto de vista hidráulico, el caso de las cunetas como en todos los demás de drenaje superficial, presenta uno de los problemas más complejos, el del flujo transitorio especialmente variado a superficie libre.

Debido a la complejidad de la situación se recurre a emplear hipótesis simplificadoras que determinan diseños conservadores como el suponer un flujo uniforme en toda la cuneta, establecido con el gasto total al final de la misma.

Es conveniente usar la sección de cuneta, no solo por la buena apariencia y seguridad del camino, sino para contribuir a la fácil construcción y conservación, el desnivel mínimo bajo la corona del camino en cualquier caso será de 30 cm. y no mayor de 90 cm. a fin de que no quede demasiado profunda y por tanto peligrosa.

En la siguiente tabla se dan los gastos para una cuneta triangular (recomendable) con inclinación de 3:1 y talud del terreno de 0.5:1 en función de su pendiente longitudinal.
(Tabla No. 2.1)

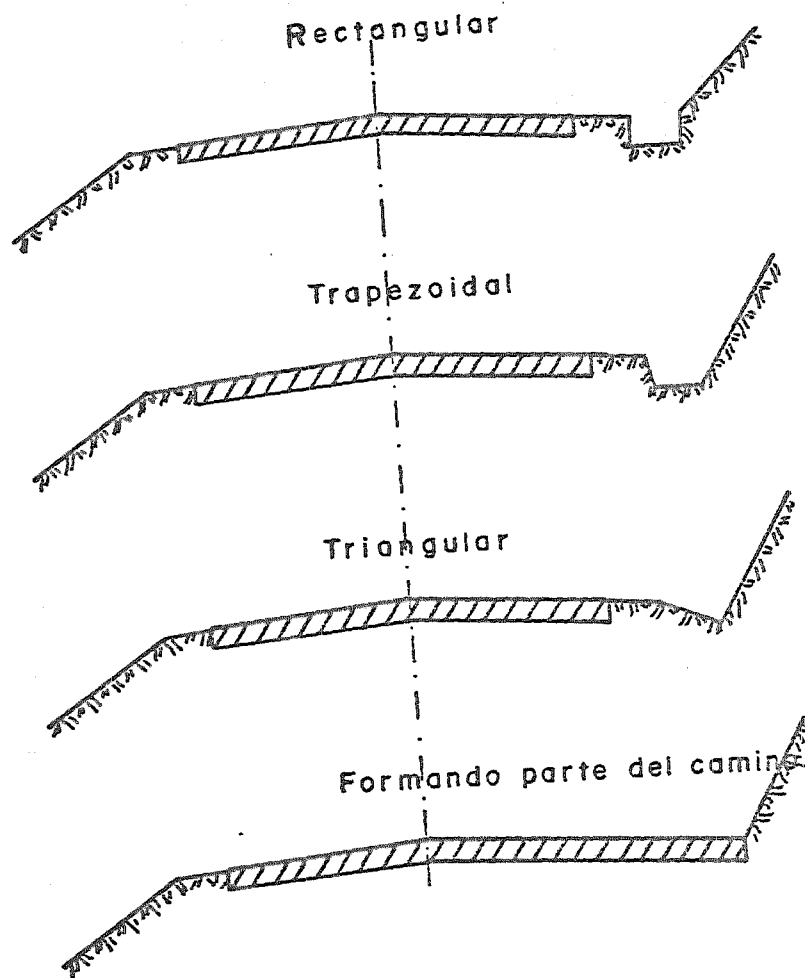
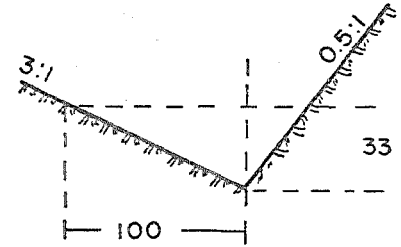


FIGURA 2.1 TIPOS DE CUNETAS

Tabla No. 2.1

Pendiente S en %	Velocidad en m/seg.	Gasto en m ³ /seg
1.0	0.630	0.109
2.0	0.891	0.154
3.0	1.091	0.188
4.0	1.260	0.217
5.0	1.409	0.243
6.0	1.543	0.266
7.0	1.700	0.320
8.0	1.800	0.340
9.0	2.000	0.370
10.0	2.100	0.400



En sección recta normalmente son triangulares con talud 3:1 hacia el camino y del corte hacia éste, con el objeto de evitar filtraciones hacia la estructura del camino, se impermeabilizan revistiéndolas con mampostería y en ocasiones con concreto ó suelo-cemento.

Una cuneta de las dimensiones indicadas ordinariamente puede servir satisfactoriamente en longitudes hasta 600 ó - 700 m. en terrenos de cierta pendiente, éstas longitudes se contarán desde una cresta hasta un desfogue.

CONTRACUNETAS.- Son al igual que las cunetas pequeñas zanjás. En este caso son construídas transversalmente a las crestas, en la parte superior de los taludes de los cortes, - debiendo hacerlas mas ó menos perpendiculares a la pendiente del terreno para que efectivamente intercepten el agua que -

escurra, su área se determina conociendo el área por drenar, la precipitación pluvial, etc., normalmente las contracunetas se hacen de sección trapezoidal de 50 cm. de base y taludes de 1:1 si el material es suficientemente compacto, tratándose de otro tipo de terreno, su tamaño y forma deberán sujetarse a las condiciones del terreno y a las necesidades hidráulicas. Otra de sus funciones es auxiliar a las cunetas, cuando éstas llevan demasiado gasto.

En algunas ocasiones la construcción de contracunetas - resulta contraproducente, debido a que se propicia la falla del talud, ya que el agua captada, en lugar de tener una rápida salida hacia zonas alejadas del talud, se filtra hacia el cuerpo del talud disminuyendo su resistencia; por esto es que se recomienda que siempre que se construya la contracuneta se impermeabilice y se le de una fuerte pendiente para -- que en realidad garantice un rápido drenaje del agua que capte, de las dos recomendaciones la que resulta más problemática es la primera, ya que aunque inicialmente se impermeabilice con el tiempo se pueden producir movimientos en el material del talud, provocando grietas en el impermeabilizante y por tanto filtraciones, con la consiguiente disminución de la resistencia del suelo. Por ésta razón fundamentalmente, la tendencia actual es emplear lo menos posible la contracuneta.

2.2 ALCANTARILLAS TRANSVERSALES

Convencionalmente se ha aceptado definir a las alcantarillas como aquellas estructuras de drenaje en que el claro o luz es menor o igual a 6m., a diferencia de los puentes -- que son estructuras con claros mayores, no obstante la característica que más los distingue es que las alcantarillas llevan un colchón de tierra y los puentes no.

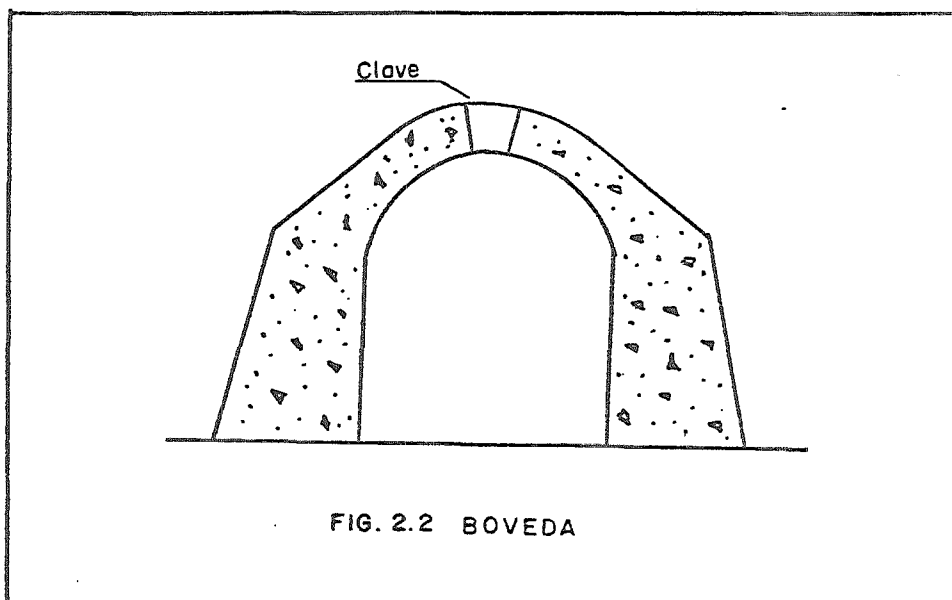
Así mismo hay estructuras diversas afines con las alcantarillas como vados y sifones.

Una alcantarilla consta de dos partes, el cañón y los muros de cabeza, el cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte esencial de la estructura, los muros de cabeza sirven para impedir la erosión alrededor del barril para guiar la corriente y evitar que el terraplen invada el canal, aunque estos muros de cabeza se pueden omitir alargando el cañón, según la forma de éste las alcantarillas se pueden clasificar en; de bóveda, de losa, de tubo. Normalmente se contruyen de concreto reforzado, lámina corrugada ó mampostería.

Algunas dificultades que presentan las alcantarillas en su funcionamiento, desde el punto de vista geotécnico, radica en la falta de concordancia entre los esfuerzos que se supone se ejercerán sobre la alcantarilla y las que realmente se producen debido a los procedimientos constructivos que se siguen, así como el tipo de materiales que se emplean para cubrirlas, sin embargo son pocas las fallas estructurales de las alcantarillas, de manera que no se da mayor importancia a éste efecto. generalmente se sirven los sistemas clásicos de dotar a la estructura de muros de cabeza, tanto a la entrada como salida, siempre que es posible se le da la pendiente y el alineamiento del cauce natural, cuando en ocasiones se coloca en una de las laderas naturales de la cañada abajo; como es natural en éste caso, se extreman las precauciones en su construcción y en la selección del material que constituye el terraplen, pues por quedar la entrada de la estructura un nivel superior al del fondo de la cañada, se favorece el ambalse aguas arriba del terraplén, produciendo filtraciones al cuerpo del mismo y por lo tanto se diseñan para resistir éste efecto. Este caso es, en general raro y además de resultar antieconómico.

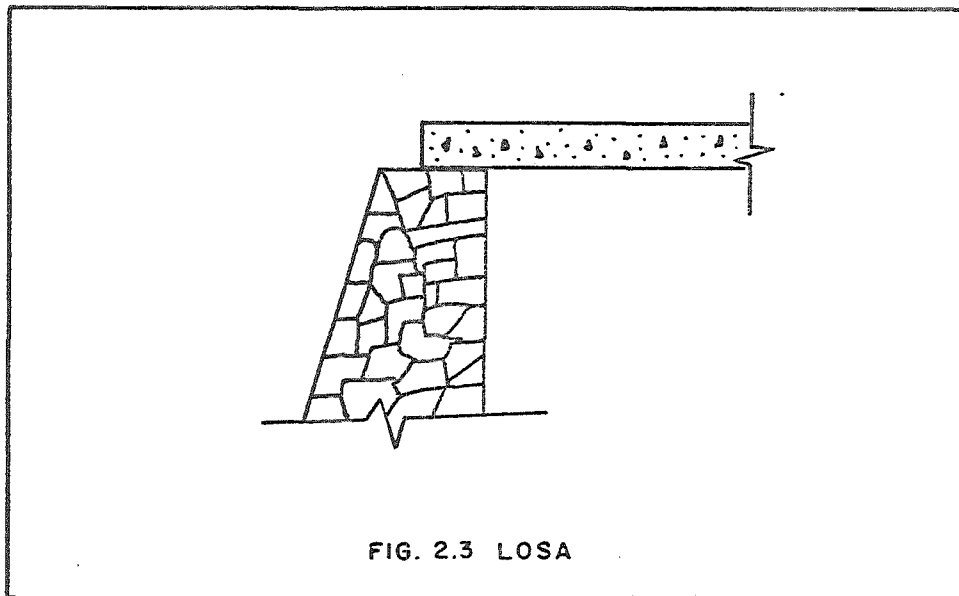
2.2-a.- DE BOVEDA

Este tipo de alcantarilla se recomienda cuando se tiene un terraplén alto y además se cuenta con una cimentación firme, las bóvedas son semejantes a las alcantarillas de cajón, salvo que las cubiertas van en arcos de mampostería, de concreto simple o de concreto reforzado, este tipo de obras han perdido su popularidad adquirida anteriormente, debido a que muchas veces se han empleado indebidamente en casos en que no era indicado su uso, ya que este tipo de alcantarillas no debe emplearse cuando se requiera que sean de claros grandes y muy altos en este caso se recomienda usar bóvedas de arcos múltiples, reduciendo así el costo de la obra. (Figura # 2.2)



2.2-b.- DE LOSA

Corresponden al grupo de las alcantarillas rígidas, que también pueden ser de acuerdo a su construcción, monolíticas o seccionales, pueden ser con el fondo y lados de concreto simple y cubierta de concreto reforzado, también se denominan de cajón, estas han sido muy usadas a causa de su larga vida y gran adaptabilidad, también pueden ser de concreto reforzado en los cuatro lados que son los menos comunes, usándose en el país las de muros laterales de mampostería con una cubierta de losa debido a que resultan muchas veces más económicas. (Figura # 2.3)



2.2-c.- DE TUBO

Pueden ser de barro, concreto reforzado, metal corrugado ó hierro colado, todos son adecuados para cimentaciones firmes generalmente son más económicos para drenar áreas pequeñas tratándose de grandes áreas se usan baterías de tubos de diámetros máximos. considerando además que la economía estriba en la correcta elección del tipo de tubo, el de lámina corrugada aunque posiblemente no es el más barato, sin embargo es el más aconsejable por su fácil instalación y por poder usarse inmediatamente, éste tipo de tubo de lámina corrugada es un tubo flexible de paredes delgadas que puede resistir grandes cargas sin fallar, cuando comparado con un conducto rígido, éste necesita un espesor de pared bastante grueso, esto es porque la estructura flexible puede flexionar bajo carga, y por lo tanto descartar gran parte del peso, mientras que la estructura rígida queda sujeta a una carga mayor, un conducto flexible de metal y bajo carga reacciona de modo diferente a un conducto rígido. Solo parte de su resistencia propia resiste las cargas exteriores; al flexionar bajo carga se ensancha en sus costados, comprime el suelo y por lo tanto desarrolla una resistencia pasiva, la cual a su vez ayuda a soportar las cargas verticales.

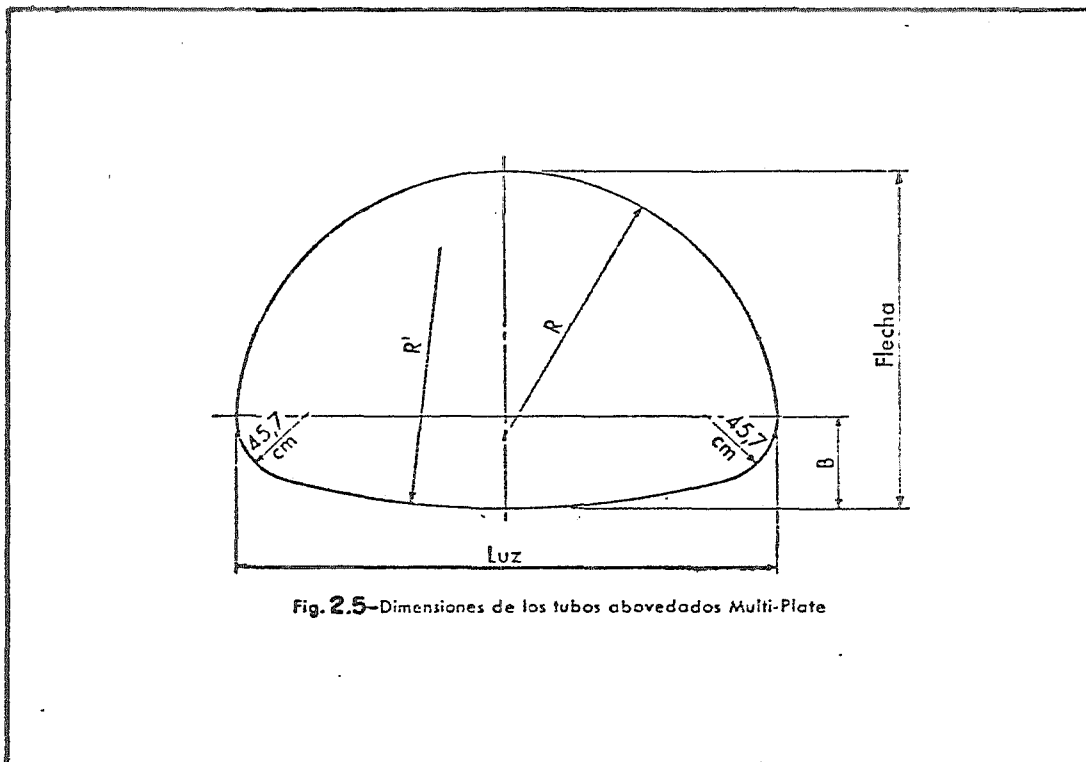
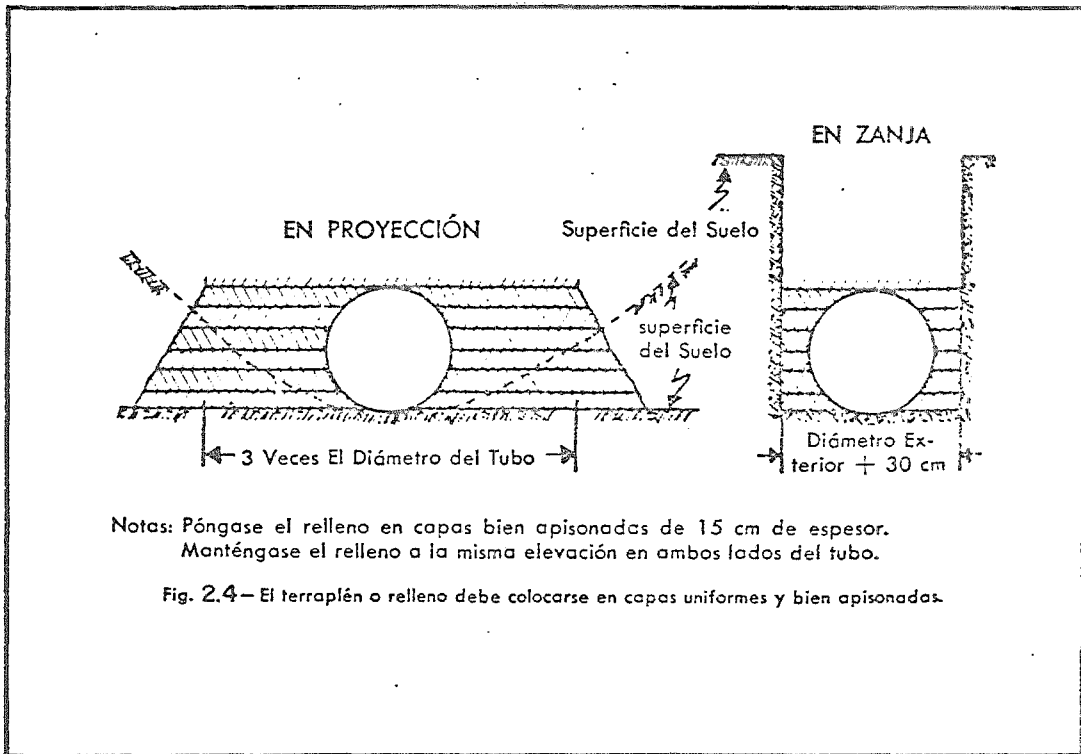
Según Spangler ya que una cantidad considerable de la resistencia total de un tubo flexible depende del relleno lateral, cualquier intento por analizar su comportamiento estructural bajo un terraplén, debe considerar la tierra a los costados como parte integrante de la estructura.(Figura #2.4)

En muchos casos es preferible el uso de tubos abovedados, porque la estructura provee la base necesaria junto con la bóveda, la obra se construye rápido, especialmente cuando

la inclemencia del tiempo o la preparación de la base son desfavorables, además es posible armar la estructura en secciones sobre el costado de la obra y después colocarlos en su lugar correspondiente, el diseño de tubos abovedados se simplifica usando las tablas siguientes; las cuales dan calibre y altura del terraplén.

**TABLA - 2.2 CALIBRES PARA TUBOS ABOVEDADOS MULTI-PLATE
CARGA VIVA H - 20**

Luz en Metros	Altura de la Cubierta del Relleno en Metros														
	0,30 - 0,59	0,60 - 0,89	0,90 - 1,19	1,20 - 1,49	1,50 - 1,84	1,85 - 2,14	2,15 - 2,44	2,45 - 2,74	2,75 - 3,04	3,05 - 3,34	3,35 - 3,64	3,65 - 3,94	3,95 - 4,24	4,25 - 4,54	4,55 - 4,84
1,52	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1,68	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1,83	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1,98	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10
2,13	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10
2,29	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10	10
2,44	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10
2,59	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8
2,74	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8
2,90	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8
3,05	8	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	7
3,20	8	8	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	7
3,35	8	8	8	10	10	10	10	10	10	8	8	8	7	7	5
3,51	7	8	8	8	10	10	10	10	8	8	8	8	7	7	5
3,66	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	5	5	3
3,81	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	5	5	3
3,96	5	7	8	8	8	8	8	8	8	7	7	5	5	3	1
4,11	5	5	7	8	8	8	8	8	8	7	5	5	5	3	1
4,27	5	5	7	7	8	8	8	7	7	5	5	3	3	1	1
4,42	3	5	5	7	7	7	7	7	7	5	5	3	3	1	1
4,57	3	5	5	7	7	7	7	7	5	3	3	1	1	—	—
4,72	3	3	5	5	7	7	7	7	5	3	3	1	1	—	—
4,88	1	3	5	5	7	7	7	5	3	3	1	1	—	—	—
5,03	1	3	3	5	5	5	5	3	3	1	1	—	—	—	—



2.3 BORDILLOS

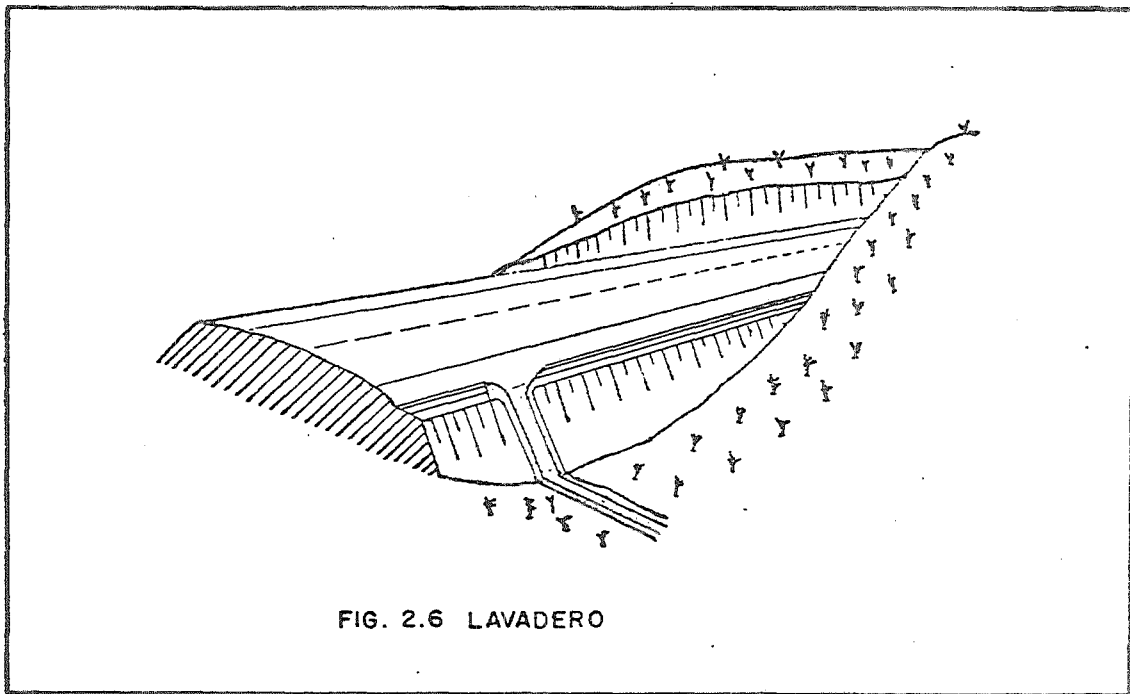
Los bordillos son guarniciones que se construyen en los hombros de los terraplenes con el fin de impedir que el agua - que escurre por la corona se desborde hacia los taludes erosionándolos, obviamente serán más útiles en el caso de que los - terraplenes estén contruidos con materiales muy erosionables como son los suelos arenosos ó limosos. En terreno montañoso se suelen presentar lugares en los que sería muy costoso desa guar con una alcantarilla el agua de una pequeña cuenca que - quede del lado exterior de una curva, ya sea porque ella re-- quiera una alcantarilla muy pendiente, si el terreno es así ó muy larga si el terraplén es muy alto, es entonces donde se - utilizan los bordillos. Se acostumbra construirlos de suelo-asfalto, suelo-cemento ó concreto hidráulico, de tramo en tramo, el bordillo se interrumpe uniendose con un lavadero con - el objeto de que el agua se encauce hacia el que a su vez la conduce a zonas donde ya no ofrece ningún peligro a la estructura del camino, se ha observado que precisamente estas uniones entre bordillos y lavaderos constituyen zonas críticas -- pues existe el peligro de que el agua se introduzca bajo los últimos, erosionando y provocando la falla; por ello en esa zona se procura que se tengan uniones amplias y sin quiebres, en algunos casos se recomienda que el lavadero tenga un dentellón de entrada para protegerla del efecto de filtración.

2.4 LAVADEROS

Los lavaderos son estructuras cuyo costo es relativamente pequeño respecto al de la obra que defienden, por ello siempre se recomienda aún como estructuras de drenaje provisional, como sucede en caminos no pavimentados. Los lavaderos son estructuras de drenaje que captan las aguas que traen las cune--

tas, las contracunetas o los bordillos.

Usualmente se construyen de mamposteria no solo por el hecho de que se pueden hacer con mano de obra no calificada que bien puede ser la del lugar, sino porque la rugosidad de la mamposteria provoca en el escurrimiento turbulencias y arrastra el aire al interior del flujo, ambas condiciones muy deseables pues producen pérdidas de energía y por lo tanto reducen el problema de construir elementos amortiguadores al pie de los lavaderos. En ocasiones cuando los terraplenes son muy altos ha resultado conveniente el colocarlos longitudinal y transversalmente para captar y eliminar las aguas que caen directamente en los taludes construyendo así una verdadera redícula. La separación promedio entre lavaderos es de 50.0 m.



CAPITULO 3

SUBDRENAJE

No hay duda de que la presencia de flujo de agua en el interior de las masas de suelo en que ó con que se construye un camino tiene una influencia definitiva en su estabilidad, basta citar la infalible correlación que año tras año se repite entre las fallas y la época de lluvias, así por ejemplo; al caer un corte se crea en el talud del mismo, una frontera a la presión atmosférica por lo que cualquier flujo previamente existente dentro de la masa de suelo tenderá a salir precisamente por esa superficie y por la plantilla del corte efectuado, generando por un lado fuerzas de filtración está en -- función del gradiente hidráulico y del γ , ($J = i\gamma$), en el -- sentido desfavorable a la estabilidad del corte y por otro ex-- pansiones, ambos efectos conducen a una disminución de resistencia del suelo.

En caso de terraplenes, también los flujos de agua in-- ternos son nocivos, su presencia debilita al suelo de sustentación y al propio del terraplén, cuando el terraplén se colo-- ca sobre una ladera, lo que ocurre frecuentemente es que el -- peso ejercido por él, provoca esfuerzos cortantes en el suelo de apoyo así como normales, pero por ser la pendiente del ta-- lud del terraplén mayor que la del terreno natural, el aumen-- to en los esfuerzos cortantes no se ve debidamente compensado por la resistencia del suelo de sustentación, como consecuen-- cia del incremento de los esfuerzos normales.

Así la estabilidad del lugar en que se coloca el terra-- plén se ve disminuida y la presencia del flujo de agua agrava aún más esta situación.

El agua que se infiltra en el contorno geológico por el

que pasa el camino, puede también perjudicar seriamente a los pavimentos y parte superior de las terracerías, al llegar el agua a éstos sitios por ejemplo por elevación del nivel freático (la superficie que constituye al lugar geométrico de los puntos en que el agua posee una presión igual a la atmosférica, que en cuestión de flujo en que se trabaja normalmente - con presiones manométricas, se considera igual a cero) por filtraciones del agua de lluvia a través de la carpeta.

De las obras de drenaje subterráneo estudiaremos primero los dos fines principales que persiguen, que son: el control del agua capilar y la captación y eliminación del agua subterránea, después estudiaremos los métodos que se usan para conseguir esos fines, o sea los distintos tipos de drenes que se emplean en la práctica.

Para la regulación del agua se emplean subdrenes a niveles suficientemente profundos, con el fin de conservar el manto hasta ese nivel deseado y así impedir sus efectos perjudiciales, el efecto de la colocación de los drenes lo podemos ver en las figuras 3.1 y 3.2 siguientes:

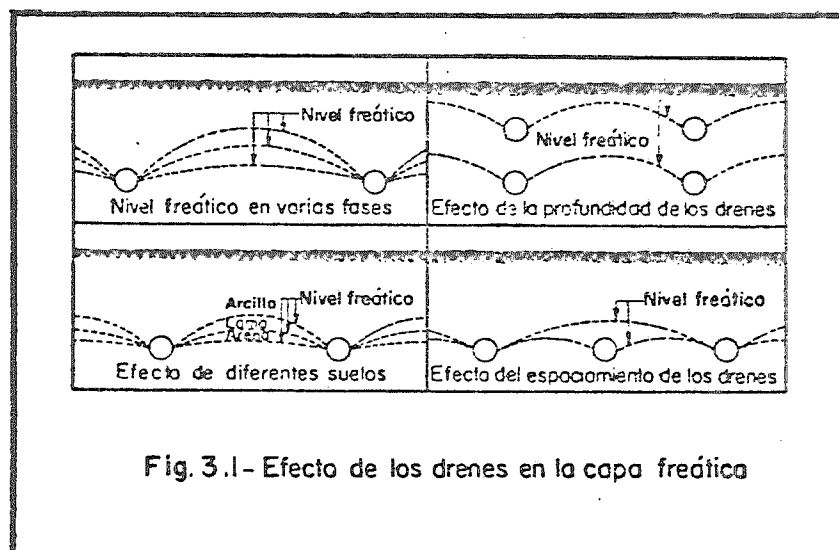
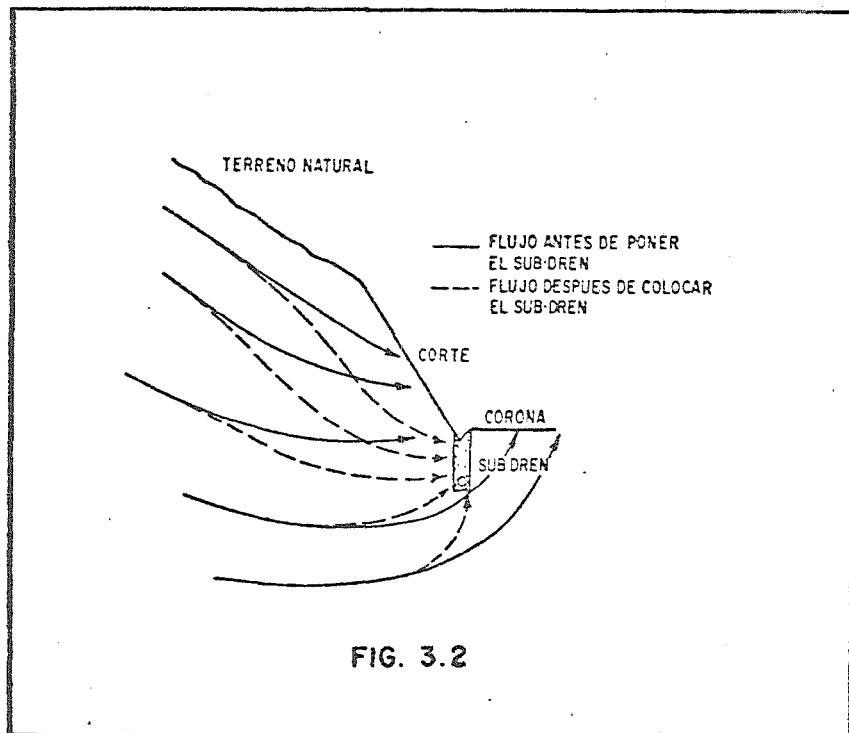


Fig. 3.1- Efecto de los drenes en la capa freática



Después de haber realizado un estudio de campo de las condiciones de drenaje superficial y subterráneo se puede determinar en dónde colocar esos tubos para regular dicha agua, ese control de la altura del nivel hidrostático se traduce en un control del abastecimiento del agua capilar.

En la intercepción de escurrimientos, como su nombre lo indica interceptor y recolector de agua que llega a el camino lateralmente, el agua baja verticalmente al relleno permeable de la capa hasta llegar al fondo y entra después al tubo, debido a la carga de presión.

Para asegurar una intercepción completa del agua, el tubo debe colocarse dentro de la zona impermeable, como se muestra en la figura # 3.3 La colocación de material, permeable bajo el tubo es aconsejable cuando el material del fondo es blando y puede entrar lodo al tubo obstruyendo las perforaciones del mismo.

terreno, en cuanto a su capacidad de infiltración como factores que deben tomarse en cuenta en todo momento, sin descontar las evidencias obvias de la existencia de agua subterránea, - tales como afloraciones, manantiales, manchas de humedad y -- otros signos , las muestra obtenidas de los sondeos realiza-- dos se someten a pruebas de laboratorio tales como granulometría y límites de plasticidad y raramente de permeabilidad.

Un punto importante que debe tenerse en cuenta, es que en un suelo subdrenado los huecos o poros se hacen cada vez - más grandes y por lo tanto los canales subterráneos por donde el agua reconoce el dren se hacen más eficientes y definidos con el transcurso del tiempo, por consiguiente el efecto benéfico del subdrenaje puede acentuarse al cabo de varios años - de hecha la instalación.

Realmente la necesidad del subdrenaje es tan importante que puede considerarse independiente del tipo de carretera u obra vial, ya que se requiere tanto en una gran autopista como en un modesto camino, por ello el criterio adoptado es - el de nunca dejar de invertir en éste concepto, bajo pretexto de la menor importancia de una obra dada, se considera que al igual que la adecuada compactación, el subdrenaje forma parte del tipo de trabajos que significan el que la obra subsista ó no.

Es obvio que el subdrenaje no se requiere en todos los casos, en el caso de un camino; solo en partes localizadas en que se concentren las aguas subterráneas requieran de él.
(Ver Figura # 3.4)

El subdrenaje lo podemos efectuar con o sin obras auxiliares éste último se puede llevar a cabo mediante la estabilización de la base.

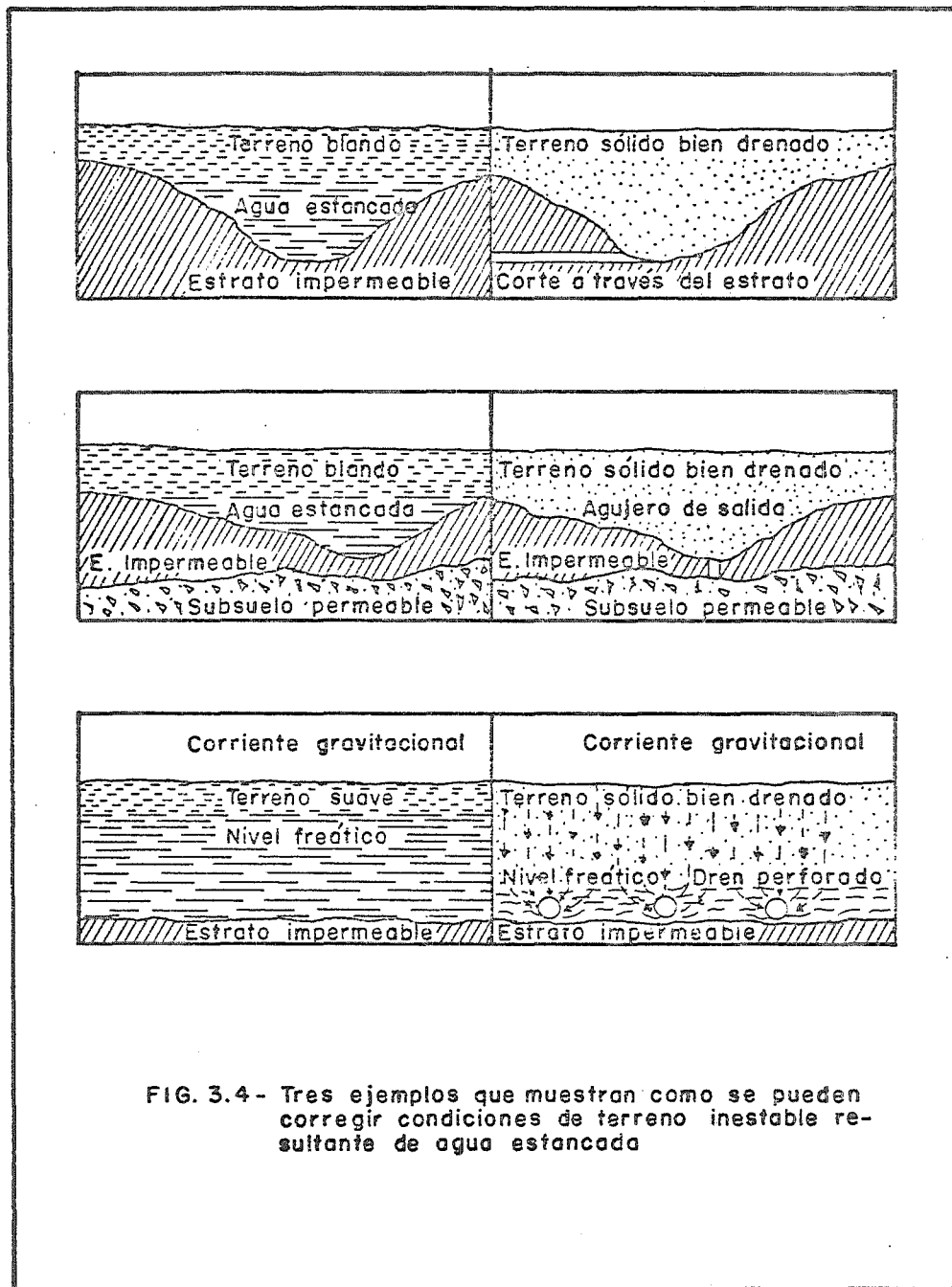


FIG. 3.4- Tres ejemplos que muestran como se pueden corregir condiciones de terreno inestable resultante de agua estancada

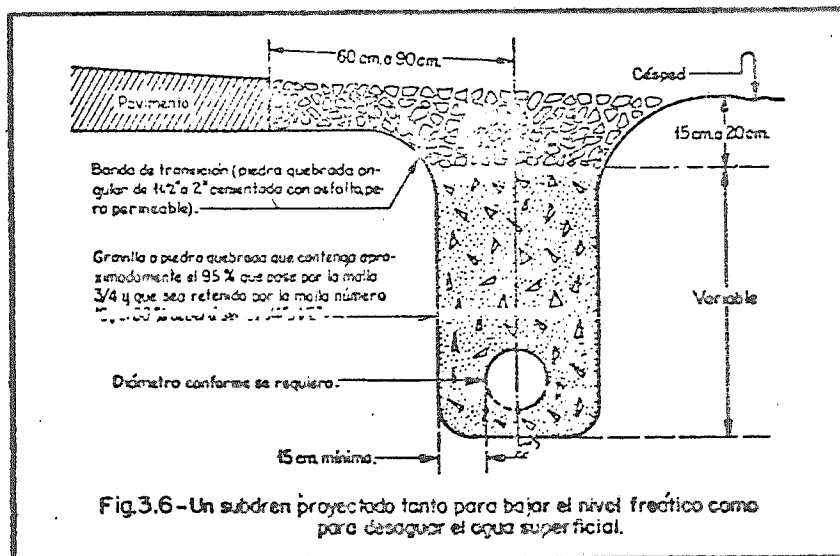
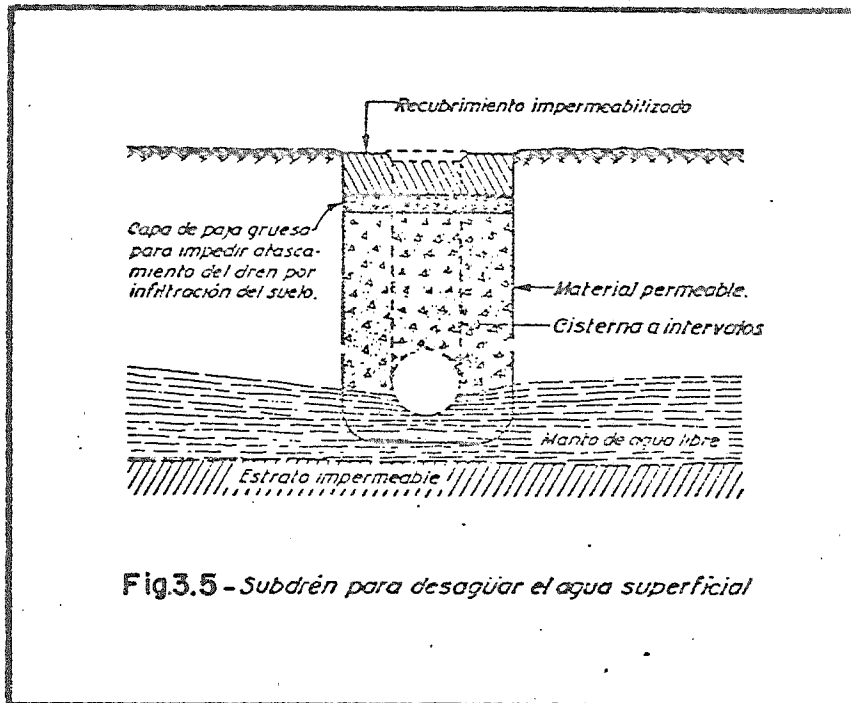
Del subdrenaje con obras auxiliares es del que hablaremos en este capítulo.

En general, sabemos de que un sistema adecuado de subdrenaje en caminos no puede seguir normas fijas predeterminadas y se apoya más en la práctica y experiencia, hasta -- ahora se han usado para controlar las condiciones del flujo de agua en terracerías y para mejorar las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos, los siguientes sistemas; subdrenes longitudinales, de capas rompedoras de capilaridad, drenes transversales de penetración, trincheras estabilizadoras, galerías filtrantes y pozos de alivio.

3.1 SUBDRENES LONGITUDINALES

Los drenes de zanja constituyen uno de los métodos más empleados en México, se construyen paralelos al eje longitudinal del camino, bajo las cunetas en la zona de cortes, -- son zanjas de profundidad adecuada (3 m. de profundidad y - 0.60 m. de ancho) provistas de un tubo perforado en su fondo y rellenas de material de filtro (Ver gráfica #3.1), el agua colectada se desaloja por gravedad, a través del tubo a algún bajo o cañada en que su descarga no perjudique en absoluto a la estructura del camino, interceptan el flujo que aparece en los cortes y tiende a saturar los taludes y la - cama de los mismos.

En el caso de atravesar con la obra un terreno plano, - con nivel freático muy próximo a la superficie, se acostumbra construir subdrenes con el fin de abatirlo y dejar al - pavimento por encima de dicho nivel, como se muestra en las figuras #3.5 y 3.6, el tubo perforado se coloca con el criterio de que sirva para la fácil y rápida conducción del agua



las perforaciones se hacen con diámetros del orden de 5 a 10 mm. dependiendo del tamaño de las partículas sólidas del material de filtro en la mayor parte de las instalaciones de subdrenes de zanja, se emplean tubos de concreto con diámetro de 20 cm., para la elección del material de filtro se tienen en cuenta las normas establecidas al respecto.

Debe existir una correlación entre el material que constituye el filtro y las perforaciones que se le hagan al tubo, las condiciones granulométricas, que debe cumplir en general el material filtrante, para garantizar un buen funcionamiento del conjunto subdrén-material del filtro son:

$$D_{15}^F \geq 5D_{15}^S \quad \text{para facilitar el flujo de agua, } D_{50}^F \leq 25D_{50}^S,$$

$D_{15}^F \leq 5D_{85}^S$ para evitar la migración de partículas finas -- del material por proteger hacia los huecos del material filtrante, $D_{85}^F \geq 1.5d$ para evitar la obstrucción de las perforaciones de la tubería y la fuga de los finos del material filtrante a su través, $D_{60}^F \leq 20D_{10}^F$ teniendo en cuenta que los materiales filtrantes tienden a segregarse, separándose por tamaños con las partículas gruesas en la parte inferior.

En estas expresiones los símbolos sobre las letras indican respectivamente, F al material de filtro, y S el suelo circundante al subdrén y d representa el diámetro de las perforaciones echas en la tubería, y con el criterio de que sea un material lo suficientemente permeable para permitir el paso del agua con facilidad, pero al mismo tiempo lo suficientemente impermeable para no dar paso a las partículas sólidas, se llega a un filtro graduado construido por diferentes materiales arreglados en capas, que no es del todo práctico, por esta razón se ha buscado un material que al --

mismo tiempo que cumpla aproximadamente con los requisitos citados sea fácilmente obtenible en la cercanía del lugar de la obra.

Hasta ahora se ha llegado a la siguiente especificación. (Tabla No.3.1 y Gráfica #3.1)

Se acostumbra colocar el material de filtro en las zanjas dándole manualmente un grado de compactación del orden de un 85% a un 90% del peso volumétrico seco máximo, cuando el subdren se construye en un terreno blando, se pone un especial cuidado en darle un espesor suficiente de material de filtro en el fondo de la zanja a fin de garantizar una plantilla estable, que permita dar al tubo pendientes permanentes, en ocasiones se recurre a construir la plantilla con un concreto pobre, aunque es preferible no usar éste método debido a que se disminuye la permeabilidad del conjunto al poner una frontera relativamente impermeable.

El tubo perforado que se coloca en el fondo de la zanja suele tener un diámetro comprendido entre 10 y 20 cm., las perforaciones deberán colocarse en la mitad inferior y entre los ángulos de 22.5° y 45° con respecto a la horizontal como se muestra en la figura #3.7)

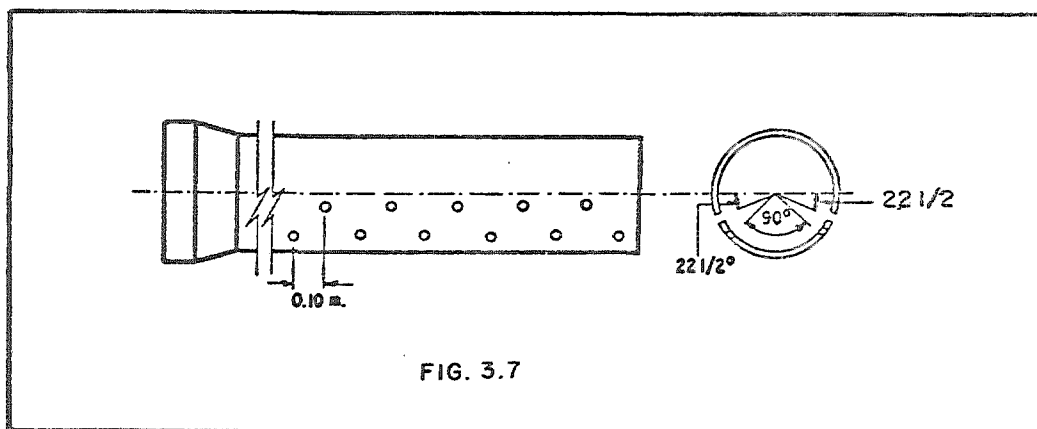
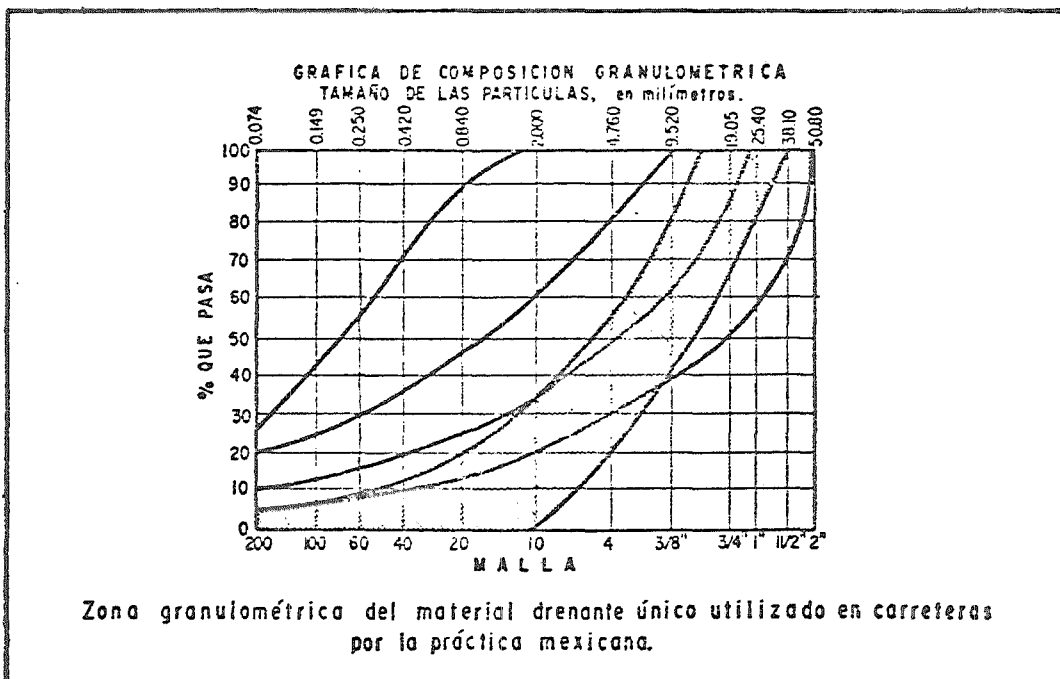


FIG. 3.7

TABLA 3.1

Malla	Abertura en mm.	Porcentajes que pasa en peso.
1 1/2"	38.1	100
1"	25.4	80 a 100
3/4"	19.1	65 a 100
3/8"	9.52	40 a 80
Nº. 4	4.76	20 a 55
Nº. 10	2.00	0 a 35
Nº. 20	0.840	0 a 20
Nº. 40	0.420	0 a 12
Nº. 100	0.149	0 a 7
Nº. 200	0.074	0 a 5

GRAFICA 3.1



A primera vista parece más lógico que el tubo debiera colocarse con las perforaciones hacia arriba, sin embargo en la mayoría de los casos trabaja más satisfactoriamente con las perforaciones hacia abajo (Ver figura No. 3.8) por dos razones principales; la primera y más importante es impedir la entrada de arena, lodo y gravilla, la segunda es que baje aún más el nivel freático en la cepa y terreno adyacente, es un hecho bien acentado por la experiencia que el azolve y atascamiento es una de las causas principales que hacen fallar los subdrenes, ya que una vez que los sólidos han entrado al tubo, la velocidad es el factor que determina la eliminación del depósito y el atascamiento eventual del dren.

En la siguiente tabla encontraremos la velocidad requerida para mover los sólidos que pueden entrar a través de las perforaciones o juntas abiertas de los tubos, el tirante y gasto requerido puede calcularse para cualquier tamaño de tubo y para cualquier pendiente.

TIRANTES Y GASTOS REQUERIDOS PARA MOVER VARIOS SÓLIDOS EN TUBOS DE 6" ($n = 0.015$ en la fórmula de Kutter)								
MATERIALES	Lodo y Arcilla		Arcilla (0.5mm)		Grava (7mm)		Grava (18mm)	
Velocidad requerida	0.09 m/seg.		0.12 m/seg.		0.18 m/seg.		0.36 m/seg.	
Pendiente	Tirante cm.	Gasto ltr/seg.	Tirante cm.	Gasto ltr/seg.	Tirante cm.	Gasto ltr/seg.	Tirante cm.	Gasto ltr/seg.
1%	0.3	2.5	0.4	3.3	0.8	9.0	2.4	58.2
0.5%	0.6	4.1	0.7	5.9	1.4	15.9	4.1	94.5
0.1%	1.7	9.4	2.7	20.0	5.4	57.6	No es suficiente con tubo lleno.	

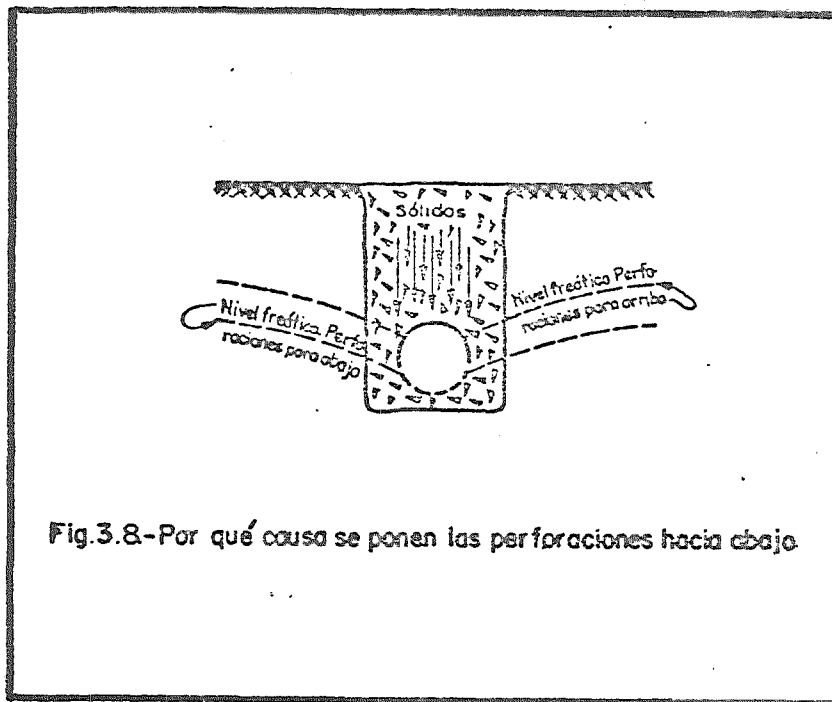
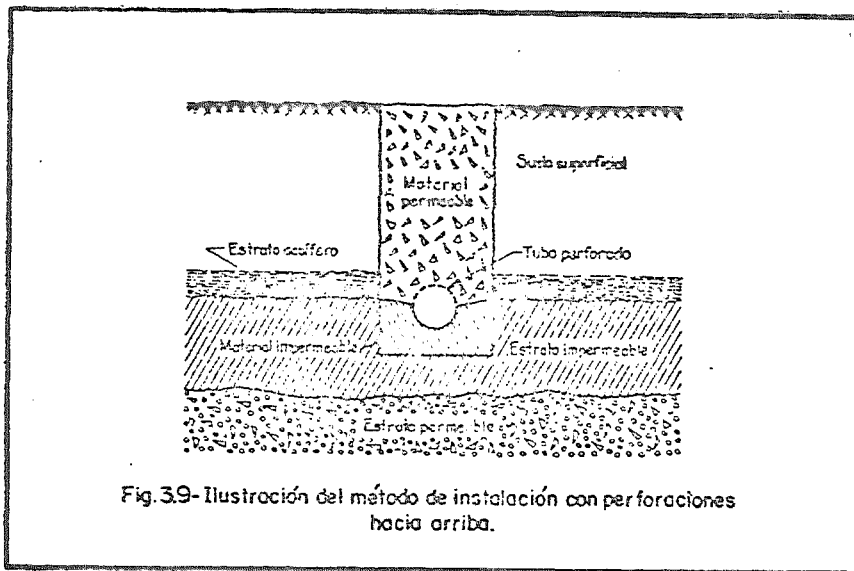


Fig.3.8.-Por qué causa se ponen las perforaciones hacia abajo

Sin embargo hay lugares en que las perforaciones deben colocarse hacia arriba, como en el caso de que exista una posibilidad de que se pierda el agua al pasar por una zona permeable, de la cual convenga alejarla, la pérdida de agua podría ocurrir quizá en un solo lugar de la tubería, pero con tan solo ésta bastaría para anular el objeto del dren, el tubo se coloca usualmente a unos 15 cm. dentro de la capa impermeable, también se coloca algún material permeable alrededor del tubo, para forzar el agua hacia él, en tales casos el relleno de la cepa con material permeable debe hacerse -- con piedra tamizada de un tamaño mínimo tal que no pueda entrar por las perforaciones del subdren; como podemos apreciar lo en la figura No. 3.9



En algunos casos, en ciertos tramos de la línea de tubo es aconsejable poner un tubo no perforado, por ejemplo cuando se instala un dren longitudinal en el lado superior de un camino para interceptar alguna filtración y es necesario cruzar el camino para dar salida al dren, éste tipo de descarga no debe llevar perforaciones con el fin de evitar que se vacie el agua bajo el camino.

El relleno de la cepa con material permeable debe eliminarse en la parte de la línea que está bajo el punto en que la filtración deja de existir para que no haya agua exterior al tubo más adelante, y por ningún motivo debe ponerse en el terraplen, es aconsejable también construir un muro de retén rodeando al tubo en donde termina el relleno permeable, para impedir que el agua siga escurriendo a lo largo de la superficie exterior del tubo, la salida de los tubos se hará siempre con las perforaciones hacia arriba.

DRENES CIEGOS

Son zanjas rellenas de piedra quebrada o grava en substitución de los drenes de tubo, cuando se usan estos paralelos al camino, se colocarán abajo de las cunetas como se muestra en la Figura No. 3.19, se excava a una profundidad de 60 cm. a 90 cm., con paredes verticales y 45 cm. de ancho en la parte superior, para que éstos drenes sean efectivos deben tener una pendiente uniforme e ir a desaguar a una salida adecuada, respecto a esto hay que precaverse en cuanto a los trastornos que pueden originar los drenes ciegos, ya que a veces solo agravan la situación, porque recogen y retienen el agua precisamente en los lugares en que se desea eliminarla, además de tener cuidado en guardar el material con que se llena la cepa, más fino en los 5 a 25 cm. cercanos a la superficie, hasta terminar en los últimos 6 ú 8 cm. con arena sobre la cual el terreno natural y el lodo tenderán a formar una cubierta y a retardar así la obstrucción de las piedras inferiores.

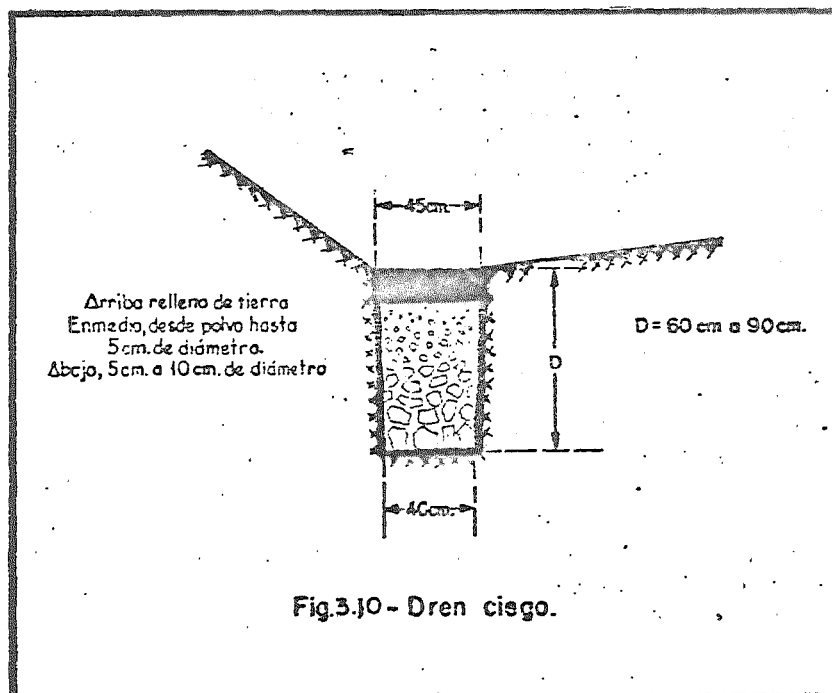


Fig.3.10 - Dren ciego.

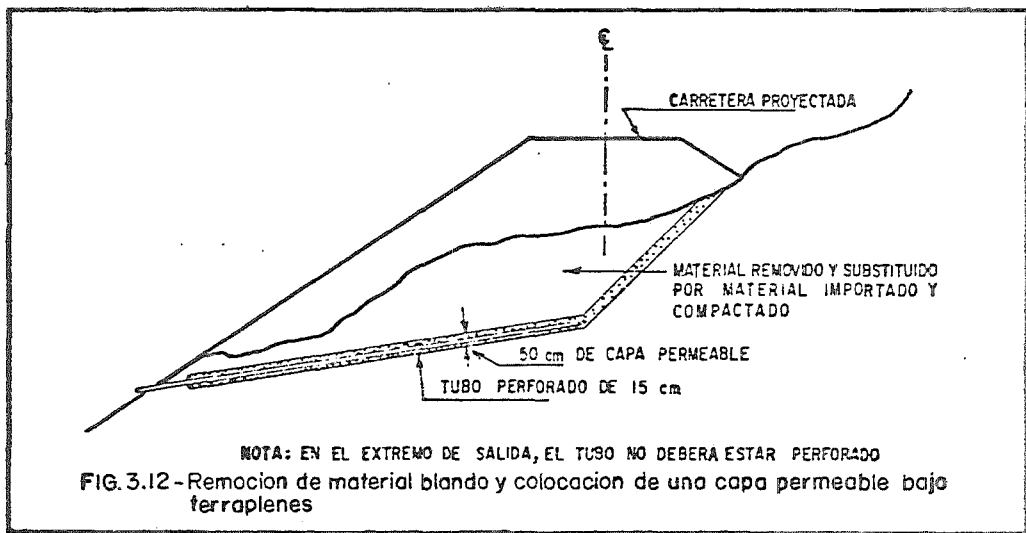
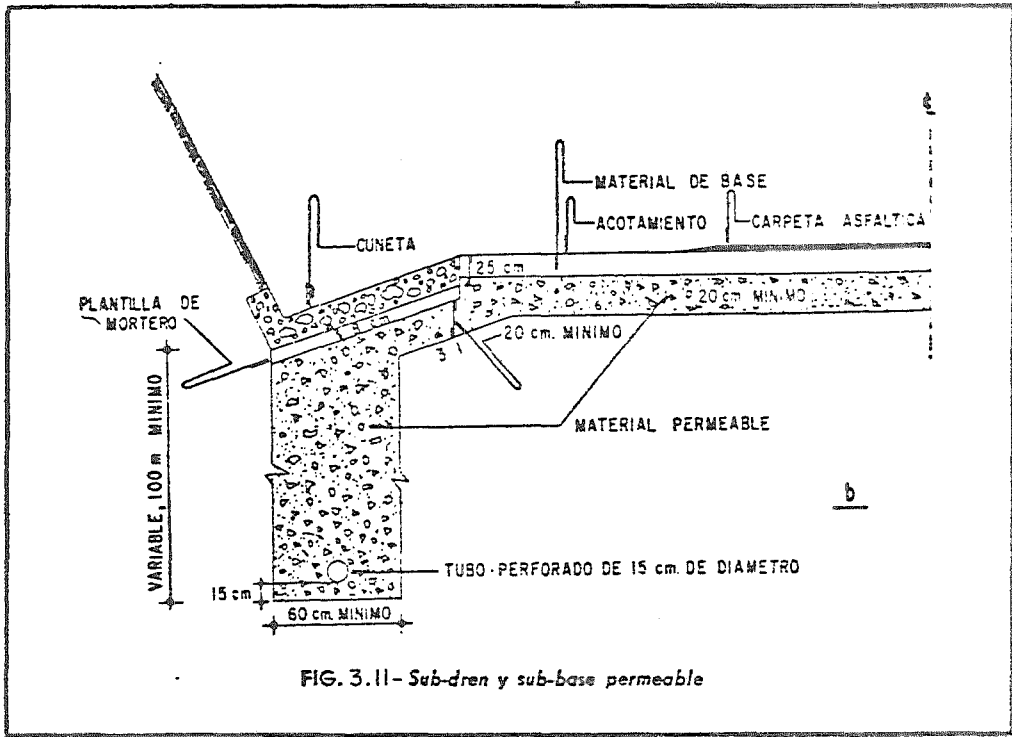
3.2 DE CAPAS ROMPEDORAS DE CAPILARIDAD

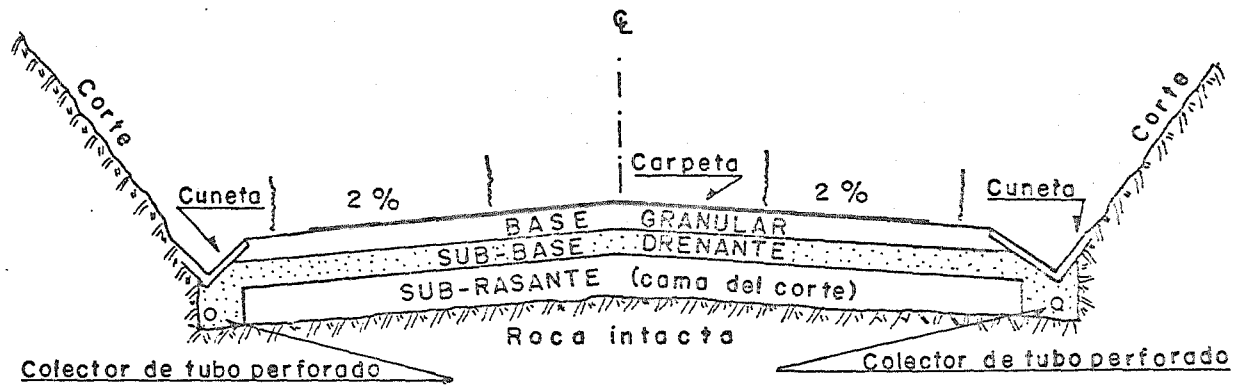
Se utilizan cuando la eficiencia de los subdrenes longitudinales ya no es la necesaria, a menos que se profundicen demasiado, generalmente se recurre a combinar a éstos con capas permeables integradas al pavimento del camino como lo muestra la Figura No. 3.11

Generalmente se acepta que las capas permeables resultan más adecuadas a medida que el flujo que hay que captar es el que afecta al pavimento, con dirección de filtración prácticamente vertical, mientras que los subdrenes longitudinales son los más convenientes cuando el flujo a captar es el que proviene de taludes de los cortes, en ocasiones se ha colocado una capa permeable de material grueso en la parte inferior del pavimento (ver Figura No. 3.13), con el fin exclusivo de interrumpir un proceso de ascensión de agua capilar a fin de evitar que sea perjudicial a las diferentes capas de éste, en este caso se utiliza un material grueso y uniforme, complementando a la capa permeable se construye un sistema recolector y eliminador del agua, como se muestra en la Figura No. 3.4, cuando existe una capa saturada de suelo de mala calidad y de un espesor muy grande y bajo ella se encuentran materiales de mejor calidad, puede removerse el material malo, la excavación para la remoción podrá entonces recubrirse con un capa de 50 cm. a 1.0 m. de material permeable que actúe como subdren de la zona, ésta capa deberá estar provista de tubería perforada de captación y de tubería de desfogue, como se muestra en la Figura No. 3.12

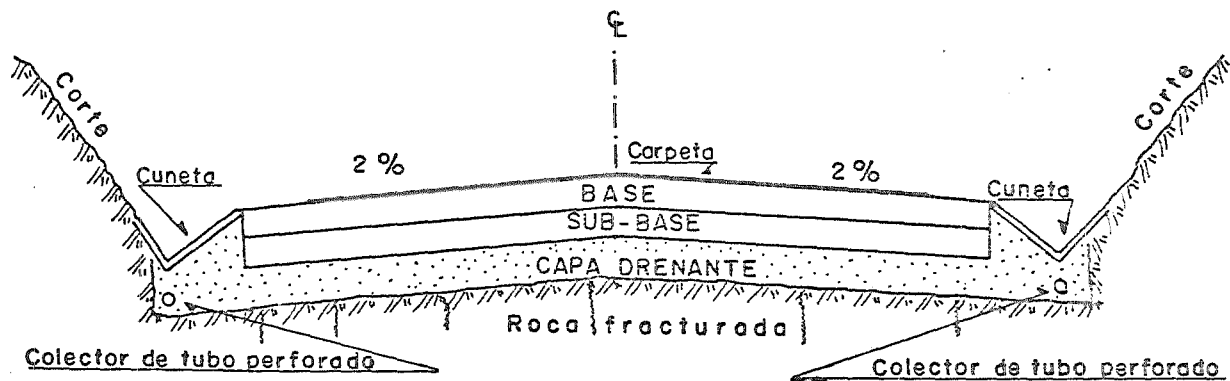
3.3 DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION

Consisten en tubos perforados en toda su periferia que





a - Sub-base utilizada como capa permeable para interceptar agua proveniente del pavimento



b Sub-rasante utilizada como capa permeable para interceptar flujo ascendente por sub-presión

FIG. 3.13 CAPAS PERMEABLES

que penetran en el terreno natural en dirección transversal al eje del camino, para captar las aguas internas y abatir - sus presiones neutrales puesto que al colocar los tubos se - introduce la presión atmosférica como se ve en la Figura No. 3.14

Se han construido efectuando primeramente una perforación de 7.5 a 10 cm. de diámetro dentro de la cual se coloca al tubo perforado generalmente de 5 cm. de diámetro, el tubo normalmente es galvanizado y se le protege contra la erosión recubriéndolo de asfalto, las longitudes que pueden cubrir - estos drenes son muy variables pero pueden llegar a 200 mts. o más, aunque si son demasiado largos, ya no se garantiza la conservación de su pendiente inicial en todo el tramo y con ello su funcionamiento óptimo,

Su inclinación con la horizontal suele variar de 3 a 20% hacia el camino, el definir la longitud de los drenes ha sido de las principales dificultades que se han tenido, sobre todo por la insuficiente información proveniente de programas detallados de sondeos.

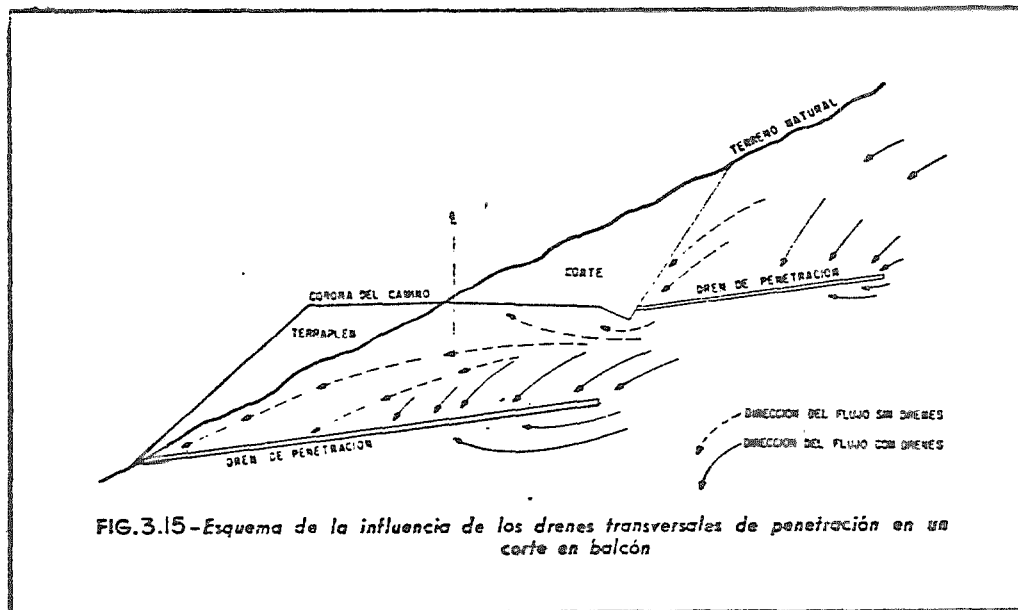
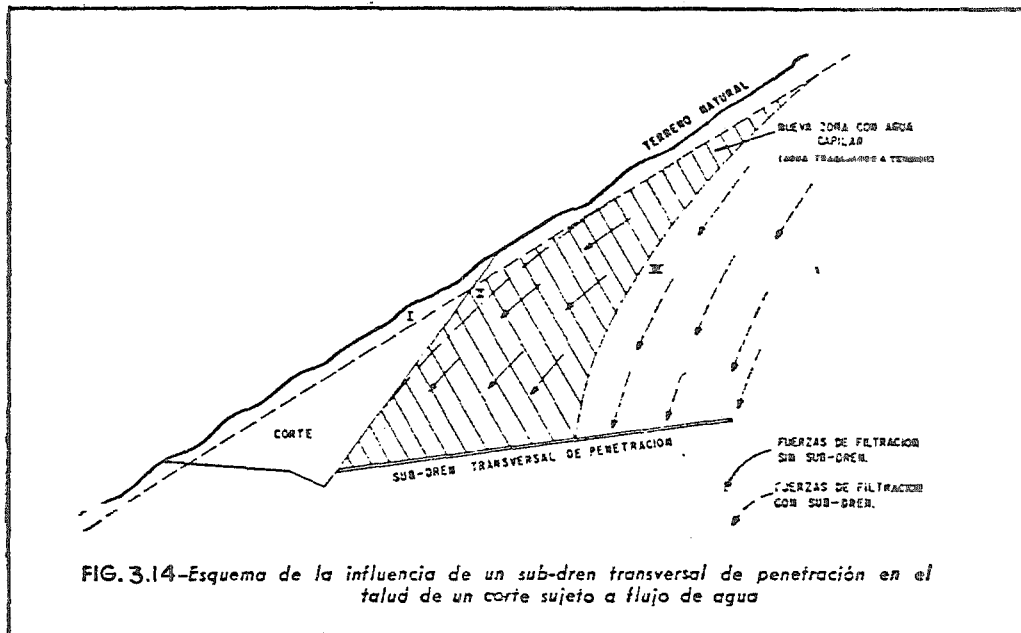
Los drenes se conectan a un colector exterior que no es más que otro tubo de unos 20 cm. de diámetro que se encarga de conducir el agua a donde no sea perjudicial. La parte - de tubo próximo a la superficie del terreno natural o del talud debe dejarse sin perforar en 1 ó 2 m. para impedir la invasión de la vegetación a través de las perforaciones, que obstruya la salida del tubo.

La ventaja de los drenes transversales de penetración - es que drenan el agua y abaten las presiones neutrales a grandes profundidades, como vemos en la Figura No. 3.15

Este sistema resulta caro debido a que el área de influencia de cada dren resulta relativamente pequeña de manera - que se necesita un gran número de ellos en espaciamientos -- cortos, frecuentemente de 5 M. y además de colocarlos en dos ó más hileras separadas por una distancia vertical similar.

La instalación de estos drenes se efectua con una maquinaria apropiada la que existe comercialmente, automática y - provista de movimiento propio de avance y retroceso a fin de facilitar las maniobras, en nuestro país por economía se han empleado en la instalación de éstos drenes, equipos convencionales de perforación que requieren de la inyección de cantidades de agua bastante grandes, aunque la difusión de ésta agua a presión en la masa del suelo puede producir condiciones transitorias de estabilidad del talud muy críticas, ahora que si se tiene un cuidadoso control sobre las operaciones y sobre el agua inyectada es posible superar las consecuencias de esa inyección.

Sabemos también que estos drenes transversales de penetración trabajan eficientemente aún cuando por ellos no salga agua, ya que al construirlo se introduce aire que se pone en contacto con el agua del suelo y aparece en ésta meniscos que a su vez hacen que el agua empiece a trabajar a tensión lo que a su vez induce esfuerzos de compresión entre las partículas sólidas del suelo aumentando la resistencia del conjunto y por tanto mejorando su estabilidad, teniendo en cuenta que a su vez instalados los drenes es necesario darles mantenimiento, consistente en limpiar periodicamente su interior incluyendo el destapar sus perforaciones mediante un equipo - apropiado, como son máquinas de acción mecánica, provistas de elementos rotatorios que llevan cepillos con cerda metálica.

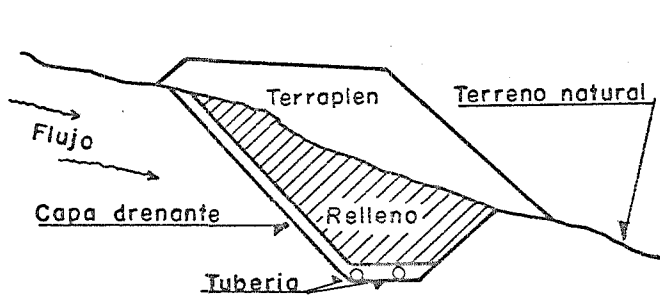


3.4 TRINCHERAS ESTABILIZADORAS

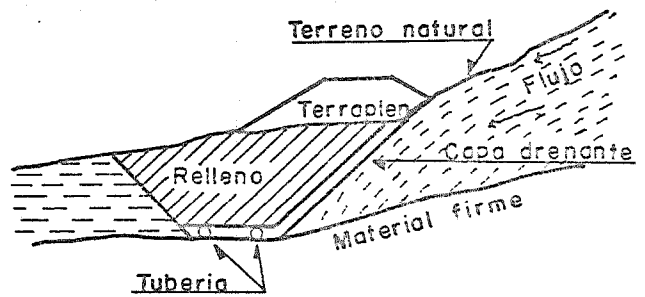
Consisten en una excavación dotada en su talud aguas arriba de una capa drenante, con un espesor comprendido entre 0.50 y 1.0 m. de material de filtro y un sistema de recolección y eliminación de agua en su fondo consistente en una capa de filtro del mismo espesor antes mencionado, dentro de la cual se coloca tubería perforada de unos 20 cm. de diámetro, para conducir rápidamente el agua captada hacia un sitio donde sea inofensiva en la Figura No. 3.16 vemos varios tipos de trincheras estabilizadoras, se ha tenido problema con el desfogue en el caso de que la excavación sea profunda y la topografía no favorable, algunas veces se ha resuelto prolongando longitudinalmente la tubería hasta algún bajo, se puede recurrir inclusive a el bombeo periódico para eliminar el agua.

El ancho del fondo de la trinchera se escoge de unos 4m para que permita la operación eficiente del equipo de construcción, debido a que para construir la trinchera es necesario efectuar una excavación en un material generalmente de estabilidad muy crítica, se han presentado problemas en los taludes de los cortes durante su ejecución, para minimizarlos se ha recurrido a efectuar el trabajo con la máxima rapidez, así como efectuar la excavación por franjas que se van rellenando antes de construir la siguiente, el material que rellena la trinchera se ha seleccionado de bancos de manera que sea de buena calidad y al colocarlo se le da compactación, pudiendo emplearse fragmentos de roca, obteniéndose resultados adecuados.

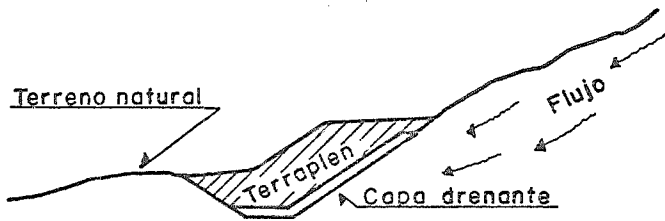
Sabiendo que la trinchera por un lado mejora las características mecánicas del suelo, por otro logra el mejoramiento



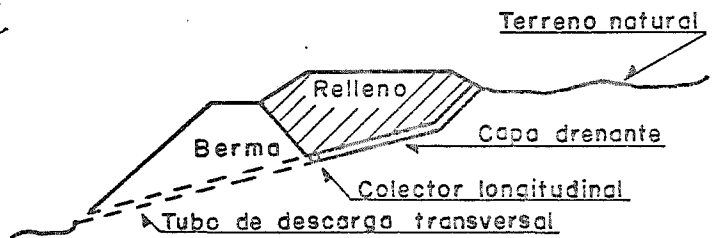
a- Trinchera bajo el terraplen



b- Trinchera llevada hasta un estrato firme combinando drenaje y apoyo



c- Trinchera integrada al terraplen

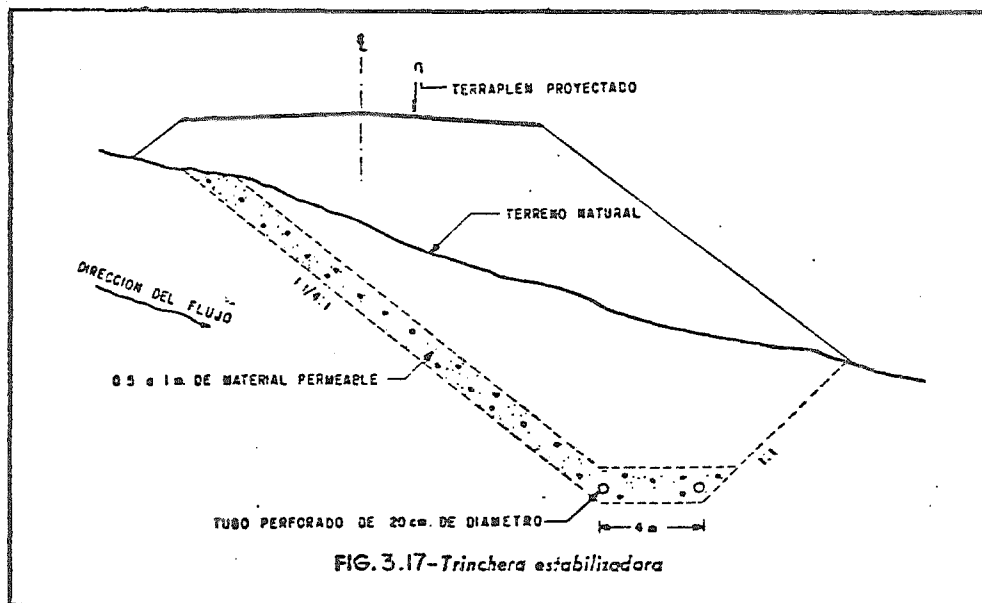


d- Trinchera con berma lateral

FIG. 3.16 TIPOS DE TRINCHERAS ESTABILIZADORAS

to del suelo de apoyo al sustituirlo por un relleno que normalmente es hecho con un material de mejor calidad.

Al construir trincheras en lugares donde existen superficies de falla previamente formadas, se generan movimientos de los suelos de la zona, relativamente grandes a pesar de que la excavación se realice en franjas, en ocasiones se han empleado las trincheras estabilizadoras, para casos en que se tienen laderas naturales sujetas a flujo de agua interna que hace su equilibrio crítico y más aún cuando sobre ellas es necesario construir terraplenes, como se muestra en la --
Figura No. 3.17



3.5 GALERIAS FILTRANTES

La galería filtrante es un túnel cuya sección tiene dimensiones adecuadas para permitir su excavación como lo muestra el corte transversal de una galería en la Figura No. 3.18 las técnicas usadas para su construcción son las mismas usadas para túneles, el revestimiento de la galería debe ser impermeable al grado de permitir su trabajo como dren, frecuentemente la excavación realizada requiere ademe provisional, o bien se rellena simplemente con material filtrante en el que se aloja un tubo perforado de dimensiones adecuadas, de manera que el material rellene el espacio entre el suelo y las paredes de la excavación.

En el país se han construido bajo superficies de falla previamente formadas ligandolas con éstas mediante tubos perforados colocados en abanico radial como lo muestra la Figura No. 3.19, a fin de captar más eficientemente las aguas y aumentar la zona de influencia para el abatimiento de las presiones neutrales y de manera que lleguen a la zona fallada por donde fluya la mayor cantidad de agua.

Para fijar una ubicación se programa una serie de sondeos y se colocan instrumentos, tales como inclinómetros, que permitan conocer la forma de la concha de falla en las tres dimensiones del espacio, en general la galería filtrante se coloca en una zona más baja que la superficie de falla, como aparece en la Figura No. 3.20 para que el desagüe sea por gravedad, aunque también puede ser por bombeo.

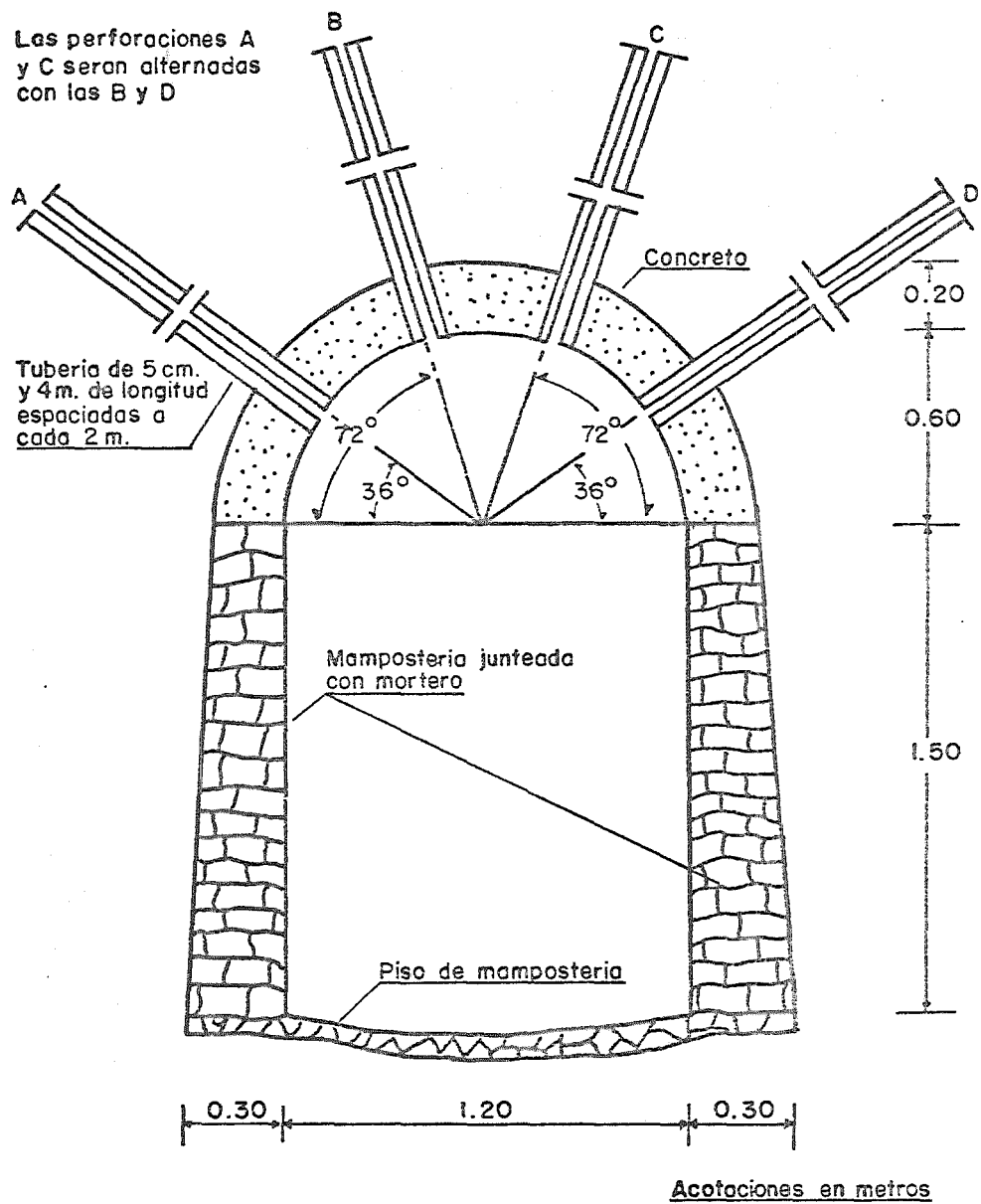


Fig. 3.18 Corte transversal de la galería filtrante del km. 19+200 de la autopista Tijuana - Ensenada

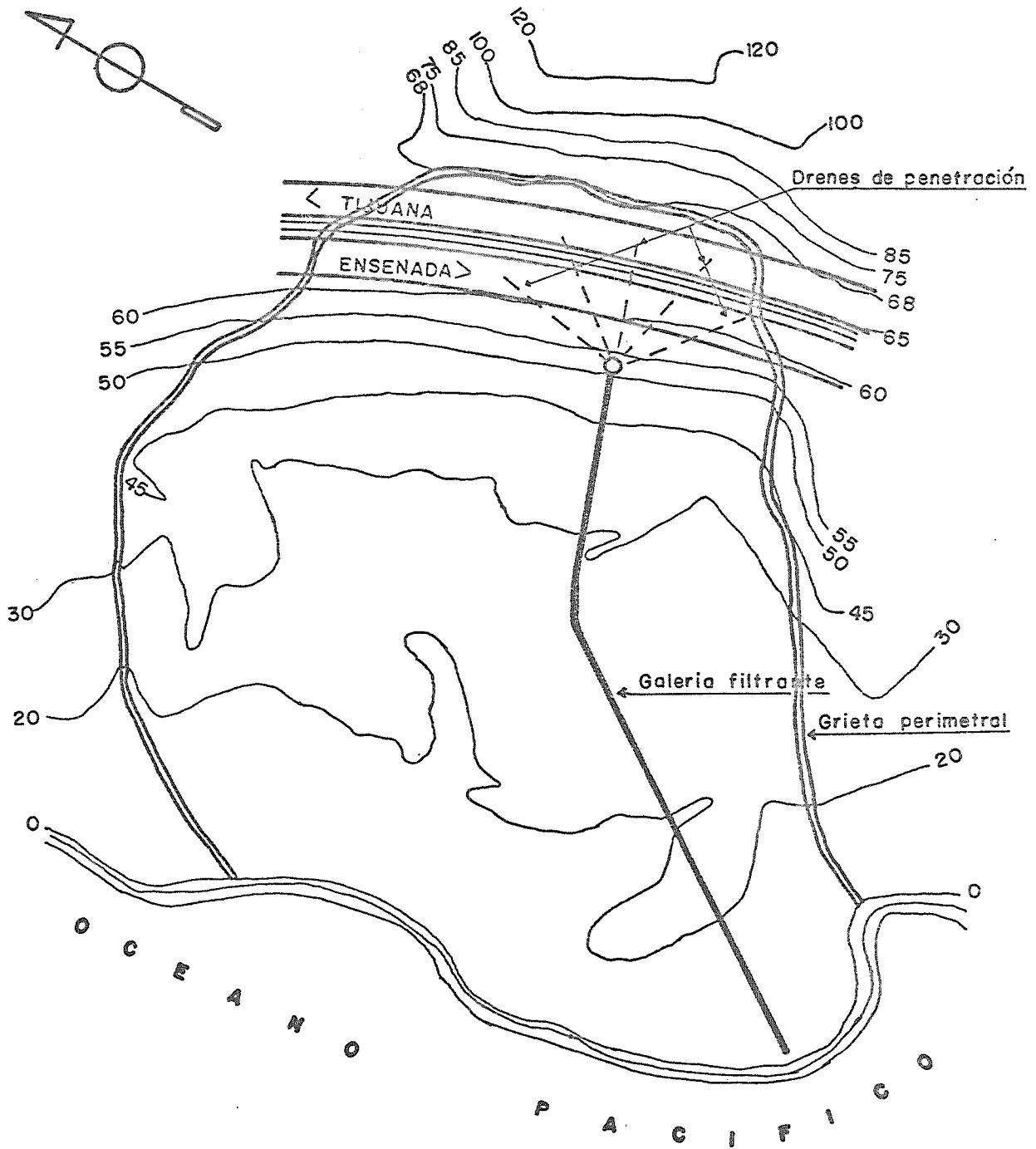


Fig. 3.19 Planta de la galería filtrante construida en el km. 19 + 200 de la autopista Tijuana - Ensenada

U N A M
 E N E P A C A T L A N
 T e s i s P r o f e s i o n a l

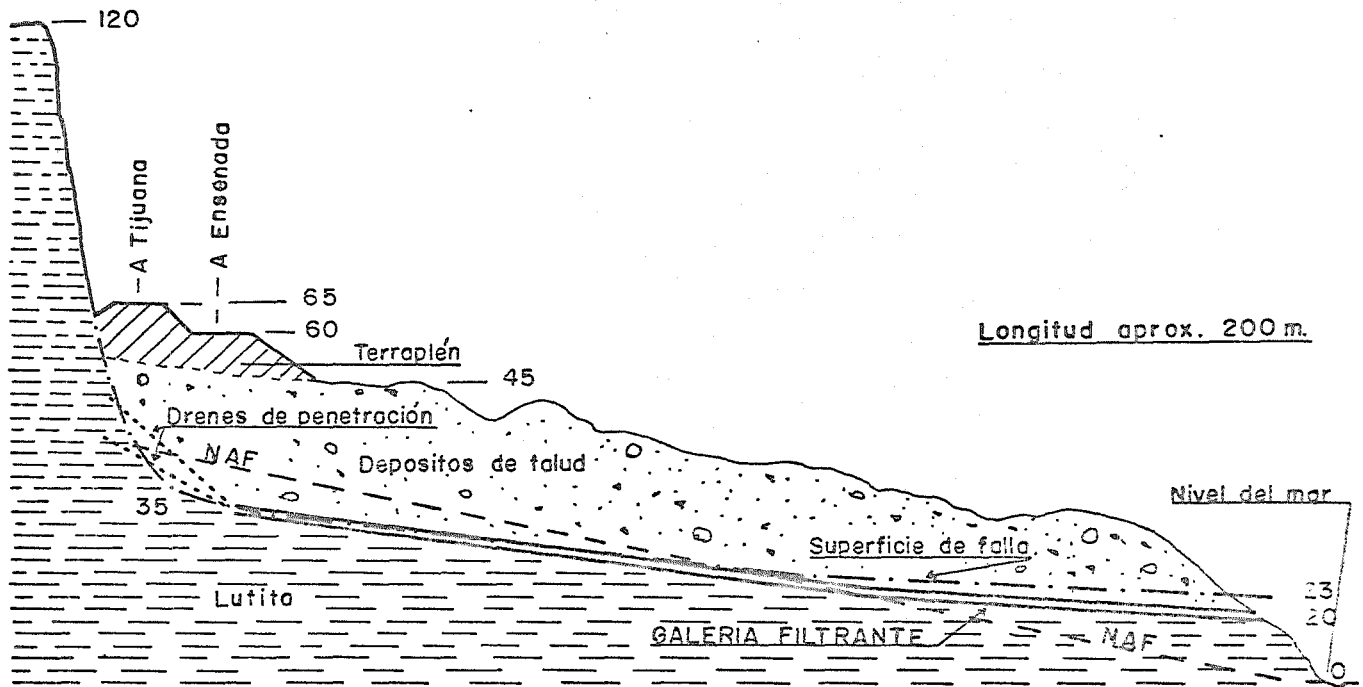


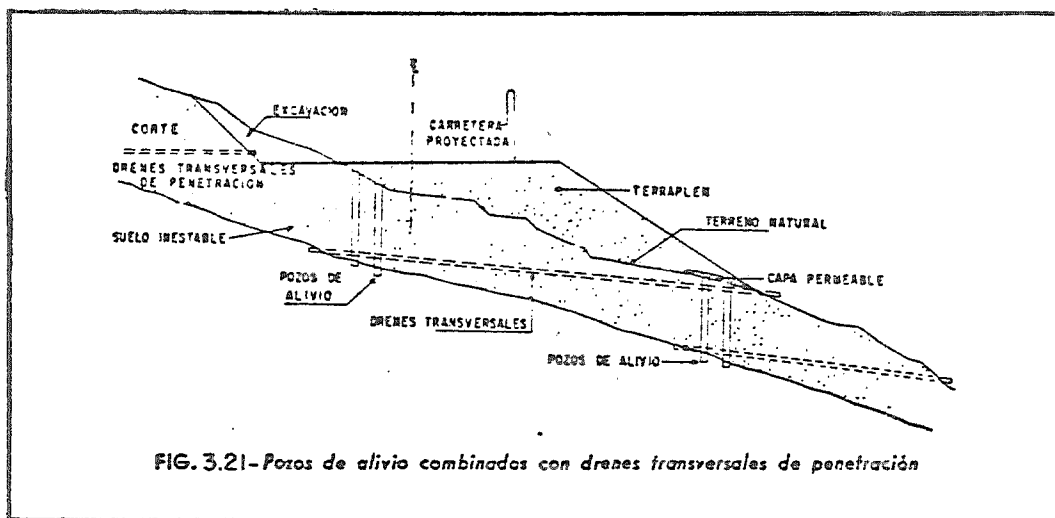
Fig. 3.20 Perfil de la galería filtrante del km.19-200 de la autopista Tijuana-Ensenada

U N A M
 EN EP ACATLAN
 Tesis Profesional

3.6 POZOS DE ALIVIO

Estos pozos son perforaciones verticales del orden de 60 cm. de diámetro, dentro de las cuales se coloca un tubo perforado de 15 cm. de diámetro, relleno con material filtrante, el espacio que queda entre el tubo y las paredes de la perforación, se han llegado a construir hasta de una profundidad de 20 M. y se colocan generalmente en ladera arriba de la zona en la que se colocara el terraplen y próximo a éste, deberán tener un sistema colector que elimine las aguas que se capten, pudiendo ser una galería que los comuniquen en su base, o bien drenes transversales de penetración o bombeo.

El espaciamiento entre pozos de alivio es muy variable dependiendo de las circunstancias del caso de que se trate y lo mismo que de el número de hileras en que se disponga con frecuencia se colocan espaciados entre 5 y 10m. y en dos hileras traslapadas como lo muestra la Figura No. 3.21



Los pozos colocados en la zona del pie del terraplen del lado ladera abajo estan conectados en su parte superior con una capa de material permeable para drenar el agua en el caso de que los pozos lleguen a rebasar, también aparece el sistema colector y eliminador a base de drenes transversales de penetración.

CAPITULO 4

PROYECTO DE UNA ALCANTARILLA FLEXIBLE

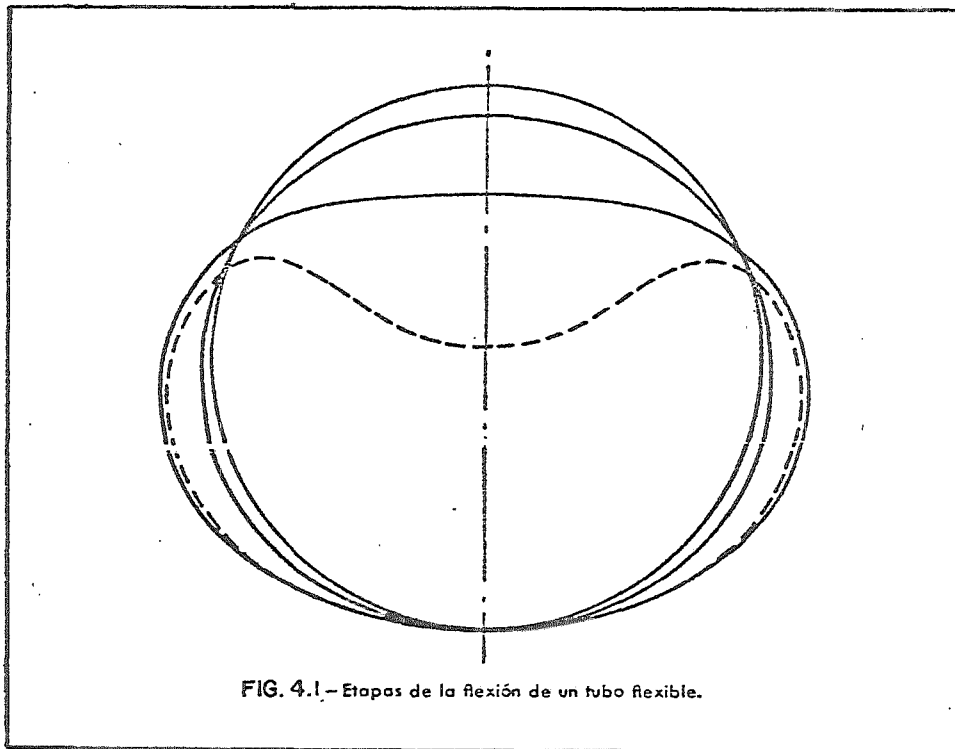
En el sistema de drenaje, una estructura metálica flexible es aquella construida con tubos o bóvedas de lámina de acero corrugada con recubrimiento adicional o sin él, colocados en el terreno bajo el terraplen en una ó más líneas (batería).

Una estructura flexible de metal, debe solo una pequeña parte de su resistencia a su potencia propia, pero cuando se utiliza como un conducto subterráneo entonces obtiene una resistencia enorme debido a la presión lateral de la tierra. Es posible analizar la estructura propiamente dicha la cual obedece a la teoría de flexión sobre un anillo elástico, sin embargo las presiones del suelo son tan variables bajo las condiciones de flexión del conducto que aún existen factores dudosos en las fórmulas racionales de diseño.

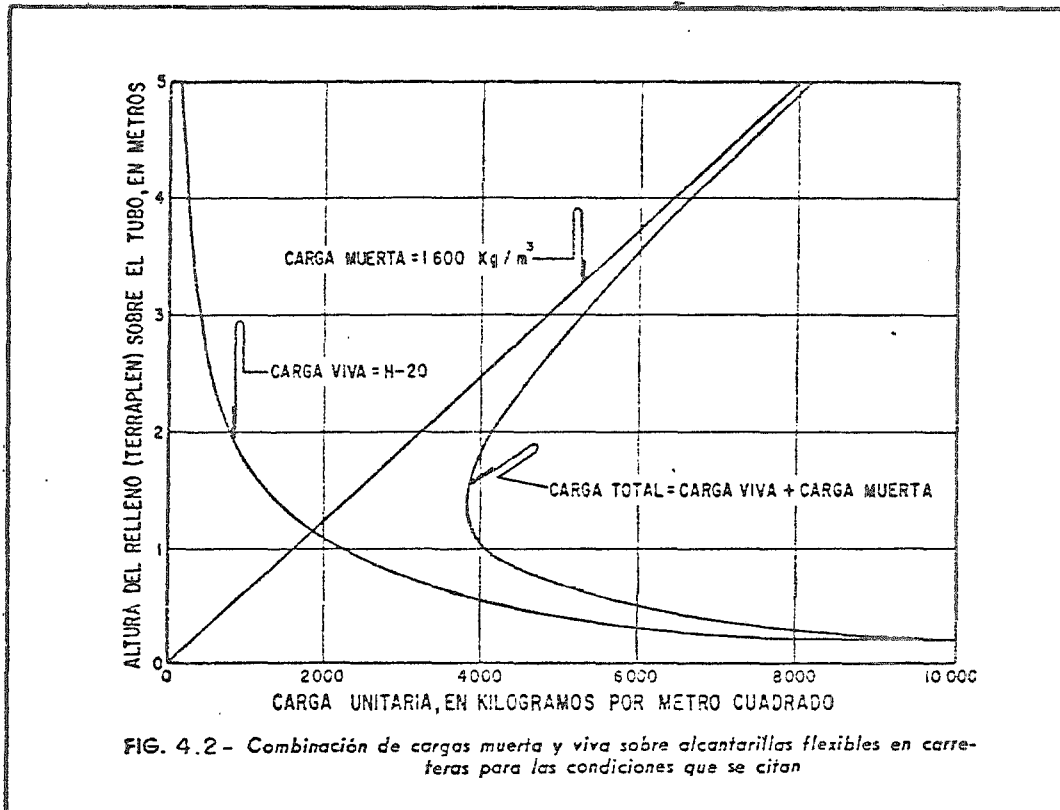
Un conducto flexible de metal y bajo carga reacciona de modo diferente a un conducto rígido, solo parte de su resistencia propia resiste las cargas exteriores; al flexionar bajo carga se ensancha en sus costados, comprime al suelo y -- por lo tanto desarrolla una resistencia pasiva, la que a su vez ayuda a soportar las cargas verticales ya que una cantidad considerable de la resistencia total del tubo flexible depende del relleno lateral. Cualquier intento por analizar el comportamiento estructural bajo un terraplen, debe considerar la tierra a los costados como parte integrante de la estructura.

Para probar adecuadamente una estructura es preciso pro

barla hasta que falle, si se carga con tierra una estructura flexible, la falla generalmente no ocurre por corte normal - de los pernos ó remaches en las costuras longitudinales, o - por desgarramiento del metal en las juntas, sino por flexión hasta su aplastamiento, las etapas de la flexión pueden verse en la Figura No. 4.1, todo el proceso es una flexión progresiva sin ruptura, ni arrugas del cilindro de metal aunque en ciertas partes el anillo pudo haber sobrepasado su límite elástico, Por lo tanto cualquier intento para racionar el diseño de una estructura flexible deberá enfocarse hacia el desarrollo de un método que determine de antemano la flexión del tubo bajo condiciones específicas de instalación.



Si suponemos que los efectos de arqueo son inexistentes, los efectos de la combinación de la carga muerta y carga viva sobre una alcantarilla son como los que se muestran en la Figura No. 4.2

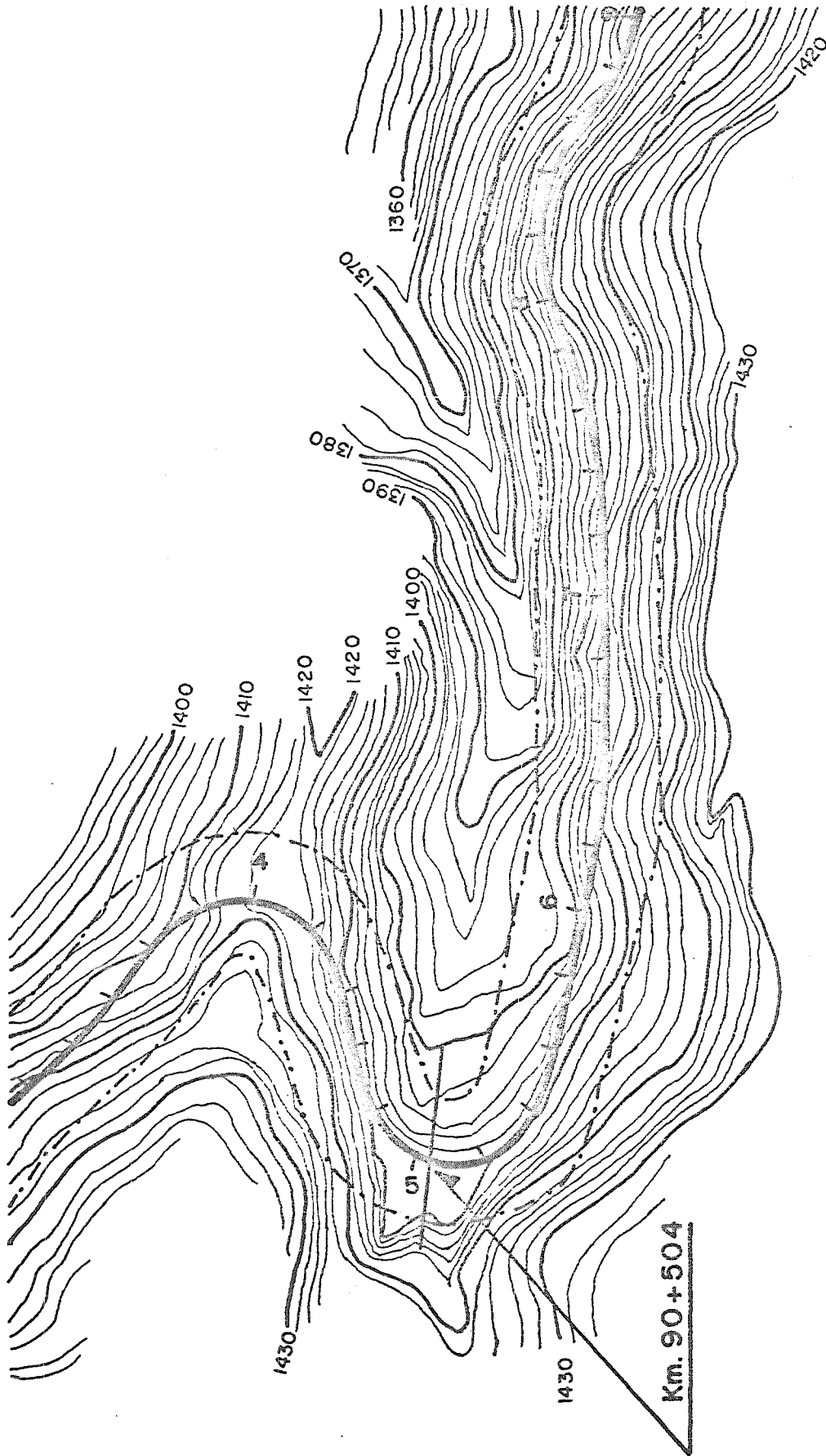


Se ha considerado que la carga muerta, debida al colchón de tierra aumenta linealmente con la profundidad, el efecto de la carga viva es el debido al tipo H-20 para carreteras, sigue una ley de variación del tipo hiperbólico con la profundidad. En espesores grandes la carga muerta ya no es función lineal con la profundidad, sino que crece hasta un límite prácticamente independiente del espesor del colchón, aunque éste se haga crecer. De la gráfica se desprende que en cada caso existe un colchón para el que la combinación de cargas produce un efecto mínimo.

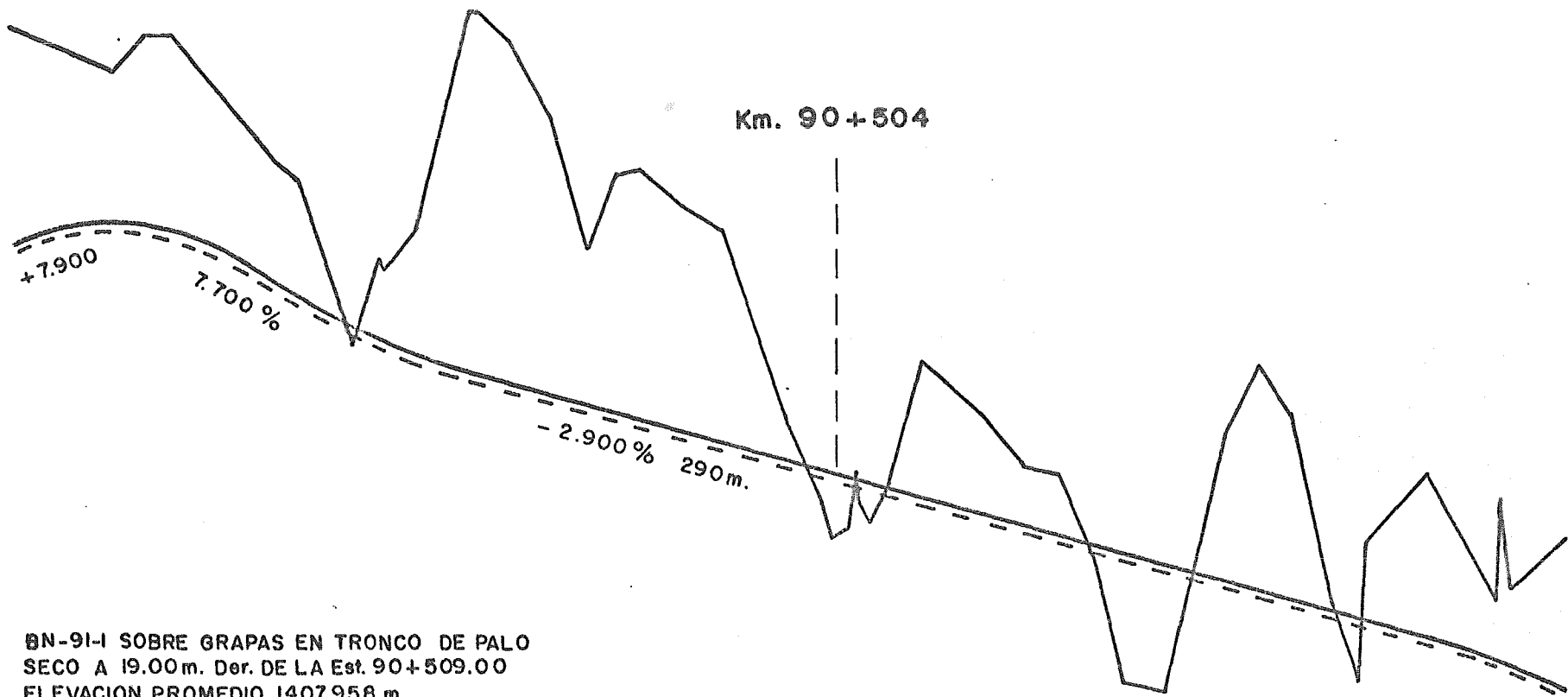
Principales puntos a considerar en el proyecto de una alcantarilla flexible:

- 1.- Localización del eje de la obra.
- 2.- Area por drenar
- 3.- Area hidráulica necesaria.
- 4.- Elección del tipo de obra.
- 5.- Diseño geométrico de la obra.

1.- De acuerdo a el proyecto del camino, el cruce es radial en curva circular ubicado en la estación 90 + 504 del camino Azumbilla - Tlacotepec de Díaz, con origen en Azumbilla, Pue., como se puede ver en la planta que a continuación se presenta, para poder observar el desnivel y dirección del cauce nos valemos del perfil y secciones siguientes:



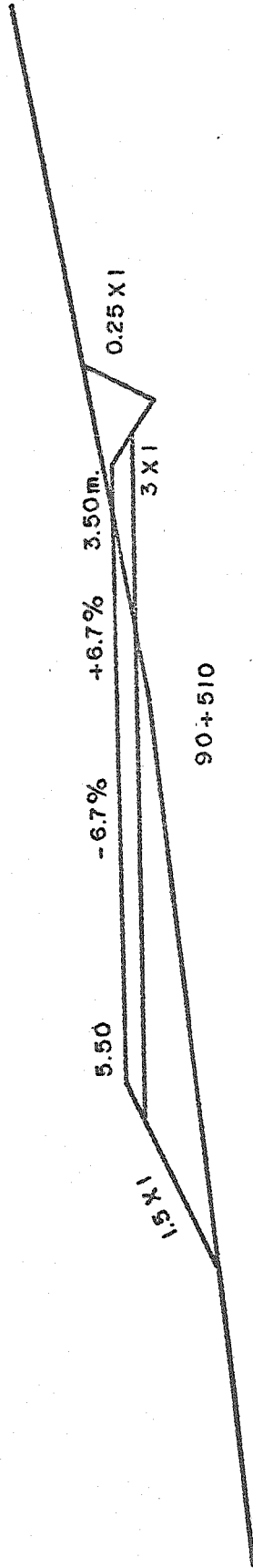
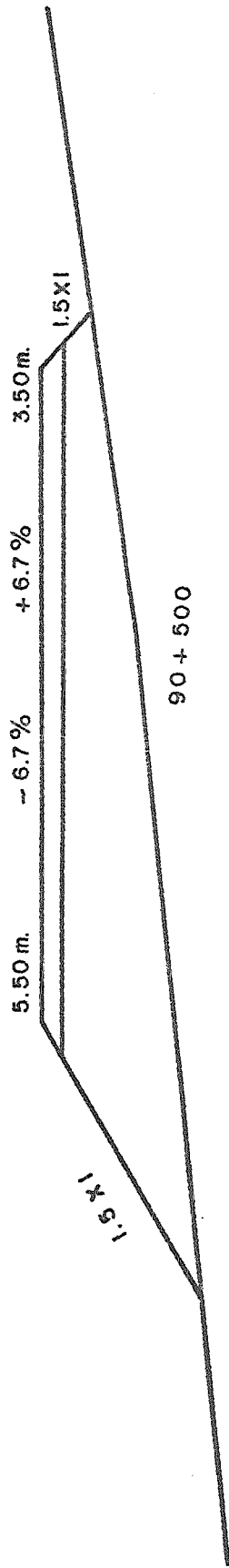
CAMINO: AZUMBILLA-TLACOTEPEC
 PLANTA TOPOGRAFICA
 U N A M
 E N E P A C A T L A N
 Tesis Profesional



BN-91-I SOBRE GRAPAS EN TRONCO DE PALO
 SECO A 19.00m. Der. DE LA Est. 90+509.00
 ELEVACION PROMEDIO 1407.958 m.

PERFIL TOPOGRAFICO
Camino: Azumbilla - Tlacotepec

U N A M
 ENEP ACATLAN
 Tesis Profesional



SECCIONES TOPOGRAFICAS
Camino: Azumbilla - Tlacotepec

U N A M
ENEP ACATLAN
Tesis Profesional

2.- El área por drenar se midió con un planímetro y resultado ser de 60 Has.

La pendiente de la cuenca la calcularemos con la fórmula de Halvord (Ec. 1.1-1)

$$S_c = \frac{DL}{A} = 6.6\%$$

D = 10m. = 0.01 Km y es el desnivel constante entre curvas de nivel.

L = 4.6 Km y es la longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca.

A = 60 Has.

Cálculo del gasto por la fórmula de Burkli - Ziegler (Ec. 1.1-4)

$$Q = 0.022 ch \sqrt[4]{S} \sqrt[4]{A^3} \text{ en } M^3 / \text{seg} / \text{Ha}$$

c = 0.25 de la tabla L1

h = 0.165 cm/hr que es la precipitación correspondiente a el aguacero más intenso de 10 min de duración total.

s = 66 m/Km pendiente del terreno

A = 60 Has

Q = 0.055 m³/seg / Ha

Q_T = 3.345 m³/seg.

3.- El área hidráulica necesaria la calcularemos por medio de la fórmula de Talbot (Ec 1.3-1)

$$a = 0.183 c \sqrt[4]{A^3}$$

$c = 0.80$ de la tabla 1.3

$a = 3.156 \text{ m}^2$

la velocidad la calcularemos por la fórmula de continuidad

$$V = \frac{Q}{A}$$

$V = 1.06 \text{ m/seg}$

por lo que no necesita recubrimiento especial ni a la entrada ni a la salida.

4.- Elección del tipo de obra

De acuerdo al estudio geotécnico realizado, se determinó la capacidad de carga del material que serviría de base a la alcantarilla, tratándose de una roca caliza medianamente fracturada resultó ser de 20 ton/m^2 .

Por tanto y además de conciderar la pendiente de la obra el área hidráulica necesaria, la altura del terraplén y rasante mínima así como la economía de los materiales de construcción, se decidió utilizar una batería de dos tubos de lámina de 1.52 m. de diámetro.

5.- Diseño geométrico de la obra

Emplearemos un forma comunmente utilizada con el objeto de facilitar el cálculo y revisión.

En este caso, como ya se dijo antes se trata de un cru-

ce radial en curva circular, ya que el ángulo que forma la tangente que pasa por el punto de la curva en el cual se localiza la obra y el eje de la misma es de $90^{\circ}00'$, por esta condición también denominada sección normal.

El sentido del escurrimiento será a la izquierda ó derecha del eje del camino, según el sentido del cadenamiento anotandose con una flecha, en éste caso es a la izquierda.

Datos de terracerías en el cruce: La elevación de subrasante = 405.76 m., la pendiente longitudinal del camino = -2.9% tomados del perfil de construcción estimativo, espesor de revestimiento = 0.30 m de especificaciones correspondientes dependiendo al tipo de camino.

Espesor de carpeta = 0.03 m. de acuerdo al tipo de camino

Rasante de cálculo (R) = 406.06 m. es la suma de la subrasante más el espesor del revestimiento.

Rasante del camino = 406.09 m. es la suma de R y el espesor de carpeta.

Semi-corona; es la mitad del ancho de la corona del camino - en el cruce, se obtiene de las formas de "Proyecto de secciones" y se designan como $Y_1 = 5.0\text{m}$. semi-corona izquierda, $Y_2 = 3.50\text{m}$. semi-corona derecha, en lo sucesivo el No.1 como subíndice correspondera a el lado izquierdo y el No.2 al derecho.

Sobre-elevación; es la inclinación que tiene la semi-corona del eje hacia afuera y esta dada en % y la llamaremos W, entonces $W_1 = -6.7\%$ y $W_2 = +6.7\%$

El talud normal lo denominaremos $T_n = 1.5 \times 1$

SECCION DE LAS TERRACERIAS SEGUN EL EJE DE LA OBRA

Para eje normal ó radial: $x_1 = 0.0$, $x_2 = 0.0$, $c_1 = Y_1$,
 $c_2 = Y_2$ (Ver Figura No.4.3)

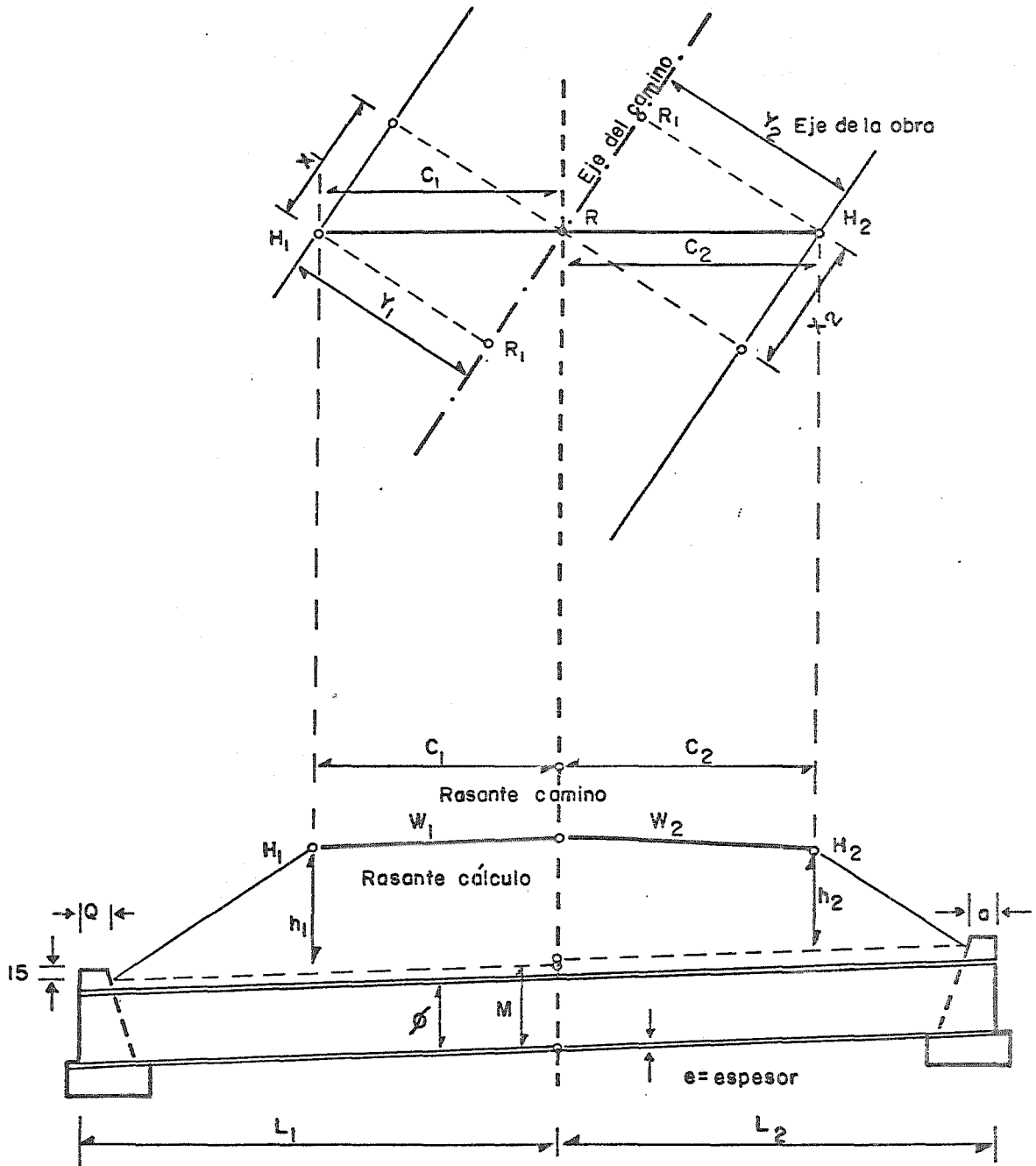


FIG. 4.3 SECCION DE LAS TERRACERIAS SEGUN EL EJE DE LA OBRA

R_1 y R_2 ; rasantes de cálculo ya desplazadas, para este caso $R = R_1 = R_2$ ya que $x_1 = x_2 = 0$ por lo que $R_1 = 406.06$ m.

H_1 y H_2 ; elevación de los hombros según el eje de la obra $H_1 = R_1 \pm (Y_1 w_1)$, $H_2 = R_2 \pm (Y_2 w_2)$, entonces $H_1 = 405.72$ m., $H_2 = 406.29$ m. el signo del segundo término depende del signo de la sobre-elevación correspondiente.

K ; es un valor en función de la pendiente del camino, el talud normal y el seno del esviaje, como el esviaje es cero, $K = 0$, T_1 y T_2 ; son los taludes afectados por el esviaje de la obra, para nuestra obra $T_1 = T_2 = T_n = 1.5 \times 1$

CALCULO DE LONGITUD DE OBRA

Pendiente (S) en %; es la pendiente que deberá tener la obra de acuerdo con el eje del terreno, teniendo en cuenta que no se admiten rellenos de más de 1.0 m. en el desplante, cuando sea muy necesario debe procurarse que el límite de éste quede a una distancia mínima de 2.50 m. de la cara interna del cimientado del cabezote, siendo esta $S = 6.5$ %, Desplante (D); la profundidad de desplante depende de la pendiente transversal del terreno, capacidad de carga del mismo y de la pendiente de la obra, $D = 403.64$ m.

Altura de la directriz (b); es la altura que hay desde el punto donde hace contacto la línea del talud y la guarnición a la cara interna del tubo, $b = 0.15$ m.

Altura entre D y b denominada $M = 1.67$ m., se ve afectada por un incremento ($Q S$), $Q =$ ancho del cabezote a la altura de la directriz, $s = 6.5$ % pendiente de la obra, en tubos $Q = 0.34$ m.

Si; $M_1 = 0 + b \pm (Q \cdot S)$ y $M_2 = 0 + b \pm (Q \cdot S)$

considerandose el signo (+) para la entrada y (-) para la salida, entonces $M_1 = 1.65$ m. y $M_2 = 1.69$ m.

Las elevaciones $F'_1 = D + M_1 = 405.29$ m. y $F'_2 = 405.33$ m.
 Las elevaciones de los puntos F_1 y F_2 son las elevaciones que hay sobre la línea de la directriz correspondiente a la distancia de (c_1 y c_2) del eje respectivamente (\pm) un incremento en elevación por la pendiente de la obra igual a $c_1 S$, $c_2 S$, entonces; $F_1 = F'_1 \pm c_1 S$ y $F_2 = F'_2 \pm c_2 S$, por tanto $F_1 = 404.96$ m. y $F_2 = 405.56$ m.

Con estos datos podemos calcular los desniveles de H_1 , F_1 y H_2 , F_2 , sea $h_1 = H_1 - F_1 = 0.76$ m., $h_2 = H_2 - F_2 = 0.73$ m.
 Para calcular la distancia horizontal de los taludes (d_1 y d_2) tenemos:

$$d_1 = \frac{h_1}{\frac{1}{T_1} \pm S} \quad , \quad d_2 = \frac{h_2}{\frac{1}{T_2} \pm S}$$

entonces $d_1 = 1.26$ m. y $d_2 = 1.00$ m.

conocidos todos los valores anteriores estamos en posibilidad de poder obtener las longitudes parciales (L_1 y L_2)

$L_1 = c_1 + d_1 + Q' = 6.60$ m., $L_2 = c_2 + d_2 + Q' = 4.84$ m.

siendo $Q' = \frac{Q}{\cos e} = 0.34$ y por tanto:

$L = L_1 + L_2 = 11.44$ m.

Esta longitud sería la de latubería terminada en forma vertical tanto a la entrada como a la salida pero debido a la pendiente (S) de la obra, se efectúan las correcciones (α , β) con el objeto de que se cumpla esta condición y no salga el tubo de los cabezotes.

$\alpha = \sec. \text{ ang. } \tan. S = \sqrt{1 + S^2} = 1.00211$, $\beta = (\emptyset + e)S = 0.099$, donde \emptyset = diámetro del tubo, e = espesor.

Entonces la longitud corregida será: $L' = L\alpha + \beta = 11.56$ m.
 Dado que que los tubos comercialmente se fabrican de una longitud de 0.61 m., la longitud de la obra (L') tendrá que corregirse nuevamente para que nos de un número cerrado de tramos de tubo.

Hay tres formas de hacer esta corrección:

1.- Corrección por desplante; Consiste en subir o bajar la elevación del desplante con objeto de aumentar o disminuir la longitud (L') cuando:

$L_t > L'$: corrección C_d (+) si $S \geq 4.0\%$
 $L_t < L'$: C_d (-)

$$C_d = \frac{L_T - L'}{\left(\frac{1}{T_1} \pm S\right) + \left(\frac{1}{T_2} \pm S\right)}$$

siendo $S \leq 4.0\%$ $C_d = \frac{L_T - L'}{T_1 + T_2}$

esta corrección nos da un resultado en cm. que sumado ó restado a h_1 y h_2 según el caso nos da un valor de h'_1 y h'_2 -- con lo que se procede a calcular como se hizo inicialmente, encontrándose una longitud L" que sería igual al número exacto de tramos de tubo $h'_1 = h_1 \pm C_d$, $h'_2 = h_2 \pm C_d$

2.- Corrección por talud: se usa unicamente cuando se trata de alcantarillas con caja de entrada, ya que el desplante de este tipo de obras no puede ser cambiado.

3.- Corrección por pendiente; también sólo es aplicable en forma práctica a las alcantarillas con caja de entrada.

En este caso como la diferencia resultó ser muy pequeña de 0.03 m. se corrige por ajuste sumandole esta diferencia a L_2

Para calcular el volumen de excavación; en el perfil del

terreno según el eje de la obra, se deberá trazar un compensadora para obtener una altura promedio de excavación de la plantilla del cauce, la cual deberá acotarse en dicho perfil.

Así como las alturas promedio de excavación correspondientes a cada muro de cabeza, para después encontrar la altura promedio de ambos muros. El ancho de excavación es conforme a la Figura No. 4.4 por tanto el volumen de excavación resulta ser $V = 36 \text{ m}^3$, y el volumen de mampostería $V = 26 \text{ m}^3$, (Ver Figuras No. 4.5 y 4.6)

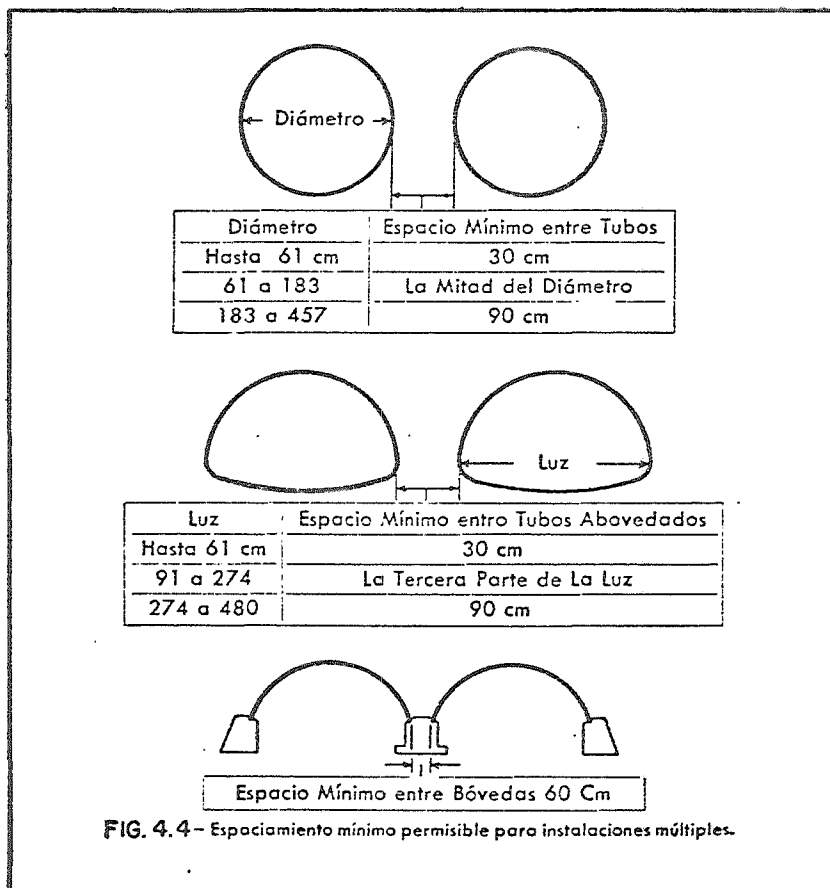


FIG. 4.4 - Espaciamiento mínimo permisible para instalaciones múltiples.

El espaciamiento adecuado de los tubos en las instalaciones múltiples deja lugar para apisonar el relleno por debajo de los tubos y en el espacio intermedio, logrando un soporte lateral apropiado y permitiendo que el relleno sobre el tubo ayude a comprimir el material que se colocó entre las líneas; este apisonamiento y compactación ayudan a evitar las socavaciones durante las grandes avenidas y períodos de inundación.

Muros de cabeza: se construyen en ambos extremos del tubo y con las dimensiones siguientes:

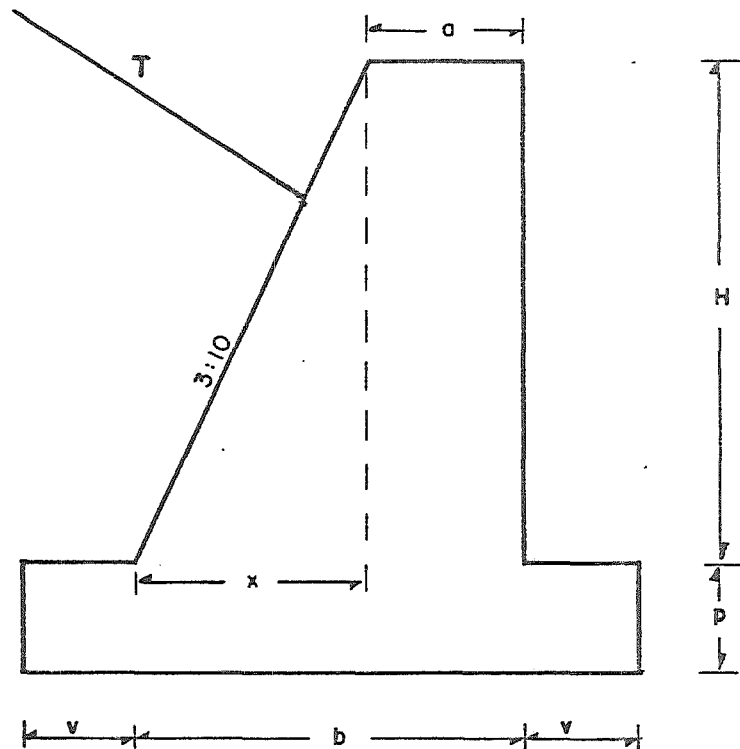


FIG. 4.5

Los valores de "a", "p", y "v", son por especificación; 0.30 m., 0.50 m., y 0.15 m. respectivamente; el valor de "b" se determina tomando en cuenta el talud 3:10 que debe tener el muro.

Como $x = \frac{3}{10} H$, $H = \phi + 30$ esto es muros de mamposteria - que son los más usuales y en este caso "b" = 0.85 m.

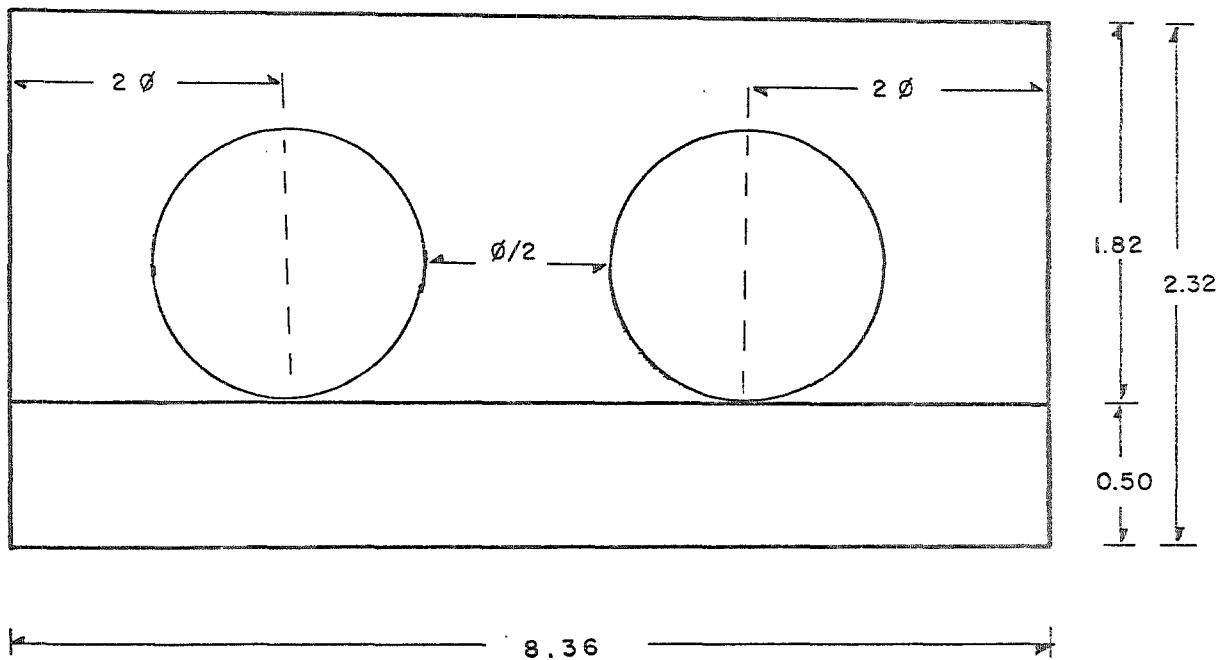
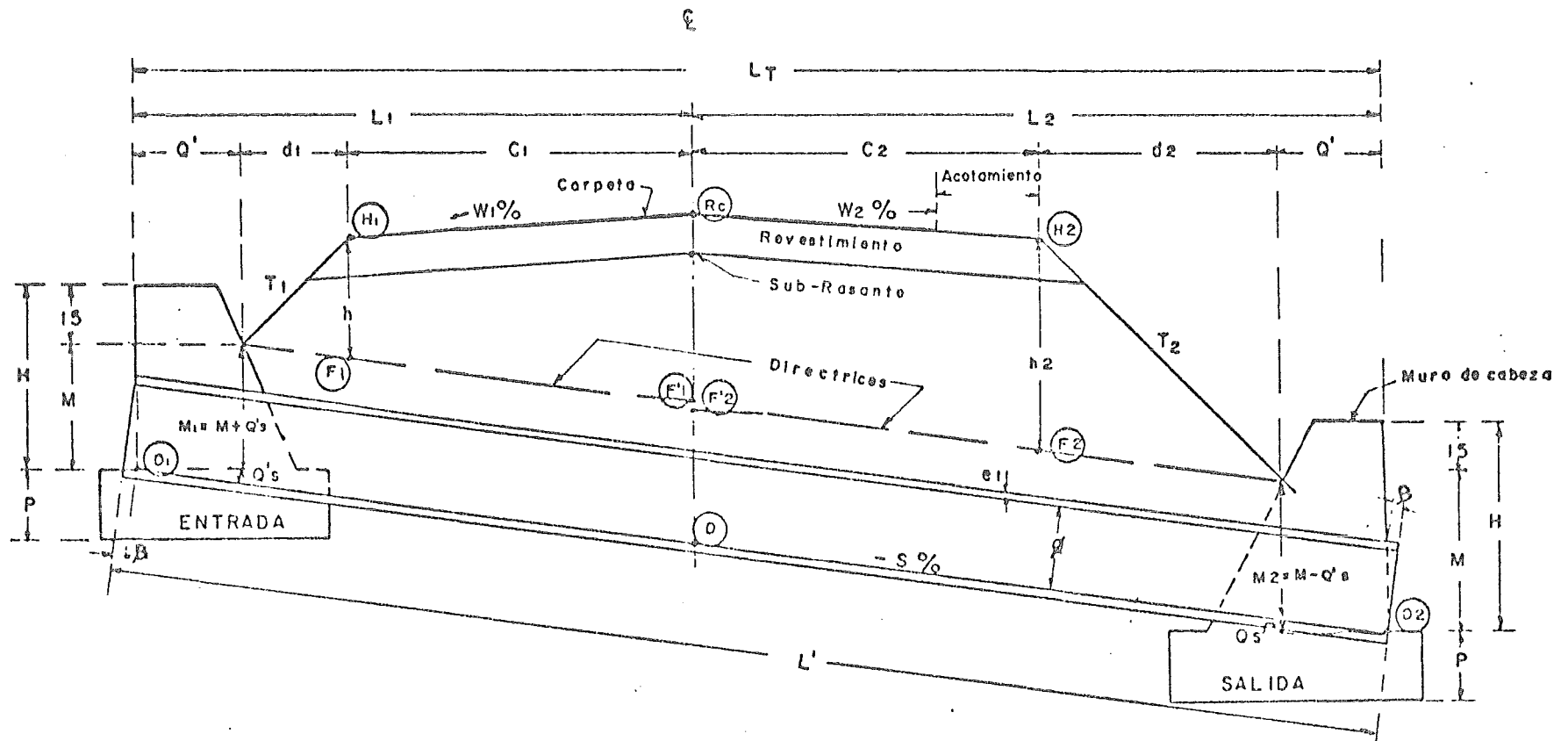


FIG. 4.6



D = Elevación del desplante
 D_1 y D_2 = Elevaciones de la plantilla en la entrada y salida
 F_1 y F_2 = Elevaciones de las directrices en el ξ
 F_1 y F_2 = Elevaciones de las directrices en los hombros
 H_1 y H_2 = Elevaciones de los hombros
 R_c = Rasante de cálculo
 H = Altura del muro
 M = Altura media de las directrices
 M_1 y M_2 = Alturas de las directrices izq. y der.
 h_1 y h_2 = Altura de la directriz al hombro izq. y der, respectivamente
 ϕ = Diámetro del tubo

e_1 = Espesor del tubo
 S = Pendiente de la obra
 P = Profundidad del cimbrado del muro de cabeza
 W_1 y W_2 = Bombeo
 T_1 y T_2 = Taludes de las terracerías (esviados o normales)
 C_1 y C_2 = Ancho de la semicorona según el eje de la obra
 d_1 y d_2 = Distancia horizontal de los taludes izq. y der.
 Q' = Coronamiento del muro de cabeza (esviado o normal)
 L_1 y L_2 = Long. izq. y Long. Der. de la obra respectivamente
 L_T = Long. horizontal de la alcantarilla
 L' = Long. inclinada de la alcantarilla

FIGURA 4.7

HOJA DE REGISTRO DE ALCANTARILLAS

OBRA EN EST: 90 + 504.00

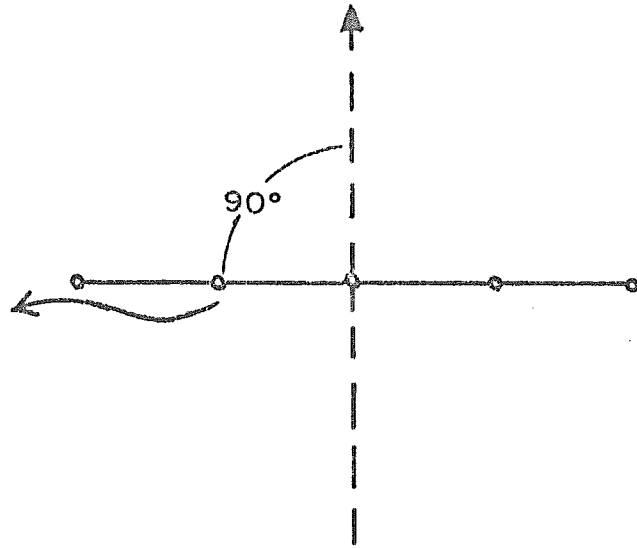
ESVIAJADA : RADIAL

ESTACION	+	∩	-	COTAS
90 + 500	0.73	1405.21		1404.48
NI-20 m.			3.38	1401.83
NI-10 m.			1.93	1403.28
NI-4 m.			0.80	1404.41
90+504	∅		1.44	1403.77
PL	3.30	1408.82	0.09	1405.12
NP-10 m.			3.39	1405.03
PL	2.46	1410.55	0.33	1408.09
NP-18.5			0.70	1409.85
NP-20 m.			0.79	1409.76
PL	0.46	1407.91	3.10	1407.45
90+516			2.89	1405.02
+ 510				1405.10

(98)

CAMINO : AZUMBILLA-TLACOTEPEC

Croquis de localización
Sentido del cadenamamiento



DATOS HIDRAULICOS

AREA DRENADA: 60 Has.

Naturaleza del área drenada: LOMERIO

Coefficiente de escurrimiento: 0.80

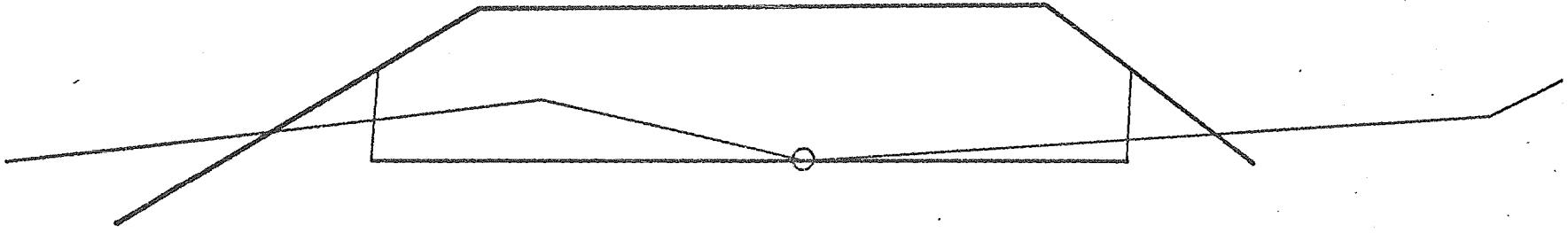
Area hidráulica necesaria: 3.156 m²

Arrastra: PASTO, HIERBAS Y RAMAS

U N A M
ENEP ACATLAN
Tesis Profesional

PERFIL DE LA OBRA

(87)



OBRA EN EST. 90+504.00

Escala 1:100

Camino: Azumbilla - Tlacotepec de Díaz

U N A M
ENEP ACATLAN
Tesis Profesional

U N A M
ENEP ACATLAN
Tesis Profesional

CAMINO: AZUMBILLA -
TLACOTEPEC
TRAMO: AZUMBILLA -
TLACOTEPEC
SUB TRAMO: AZUMBILLA -
TLACOTEPEC

Hoja N° _____
ESTACION 90 + 504.00
ALCANTARILLA 2 Tubos DE
LAMINA DE 1.52 m. Ø
Calculó: I.L.A. ; ENERO 1983
Revisó: D.P.V. ; ENERO 1983

CALCULO DE LONGITUD DE OBRA

LOCALIZACION

Cruce RADIAL EN CURVA CIRCULAR Sentido del escurrimiento ←

DATOS DE TERRACERIAS EN EL CRUCE
SECCION NORMAL

Sub Rasante Elev. 405.76 m. Espesor del revestimiento 0.30 m. Espesor de Carpeta 0.03 m.
Rasante de cálculo 406.06 m. Rasante del camino 406.09 m. Pend. Long. del camino - 2.9 %
SEMI-CORONAS: $\left\{ \begin{array}{l} Y_1 \text{ (Izq.) } \underline{5.00} \text{ m.} \\ Y_2 \text{ (Der.) } \underline{3.50} \text{ m.} \end{array} \right.$ SOBRE ELEVACIONES: $\left\{ \begin{array}{l} W_1 \text{ (Izq.) } \underline{- 6.7} \text{ \%} \\ W_2 \text{ (Der.) } \underline{+ 6.7} \text{ \%} \end{array} \right.$

SECCION DE LAS TERRACERIAS SEGUN EL EJE DE LA OBRA

$X_1 = 0.00$	Tang. $e = 0.00$	$X_2 = 0.00$
$C_1 = 5.00$	Cos. $e = 1.00$	$C_2 = 3.50$
$R_1 = 406.06$	Sen. $e = 0.00$	$R_2 = 406.06$
$H_1 = 405.72$		$H_2 = 406.29$
$\text{Cos. } e - K = 1.00$	$T_n = 1.5 \times 1$	$\text{Cos. } e - K = -1.00$
$T_1 = 1.5 \times 1$	$K = 0.00$	$T_2 = 1.5 \times 1$

LONGITUD DE OBRA

PLANTILLA DEL CAUCE: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pendiente } S = \underline{6.5} \text{ \%} \text{ Espesor de superestructura} = \underline{\quad} \text{ m.} \\ \text{Elevación } \underline{403.64} \text{ m. Altura de la directriz; } b = \underline{0.15} \text{ m.} \end{array} \right.$

$\frac{1}{T_1} = 0.66667$	$M = 1.67$	$Q = 0.34$	$\frac{1}{T_2} = 0.66667$
$\frac{1}{T_1} + S = 0.60167$	$M_1 = 1.65$	$M_2 = 1.69$	$\frac{1}{T_2} + S = 0.73167$
$F_1 = 404.96$	$F_i = 405.29$	$F_2 = 405.33$	$F_2 = 405.56$
$h_1 = 0.76$	$Q' = 0.34$	$Q'S = 0.02$	$h_2 = 0.73$
$d_1 = 1.26$			$d_2 = 1.00$
$L_1 = 6.60$	$L' = 11.56$		$L_2 = 4.84 (+ 3)$
$\alpha = 1.00211$	$L = 11.44$		$\beta = 0.099$
<u>19</u> Tramos de <u>0.61</u> m.	$L_T = 11.59$ m. Dif. <u>0.03</u> m. Corrección = <u>AJUSTE</u>		

AJUSTE A N° CERRADO DE TRAMOS DE TUBO

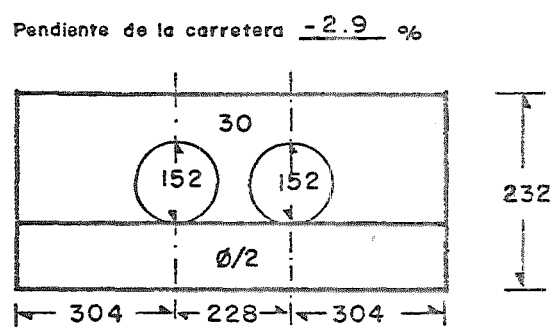
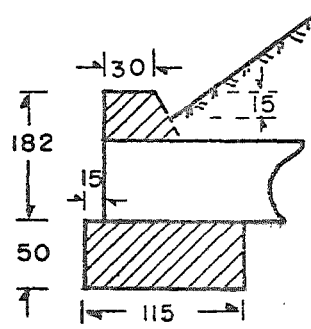
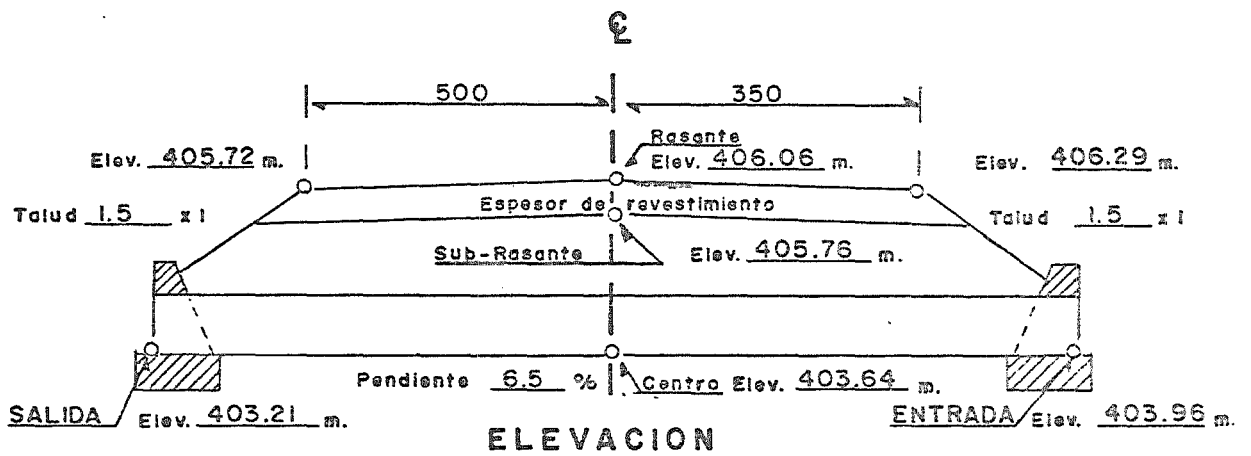
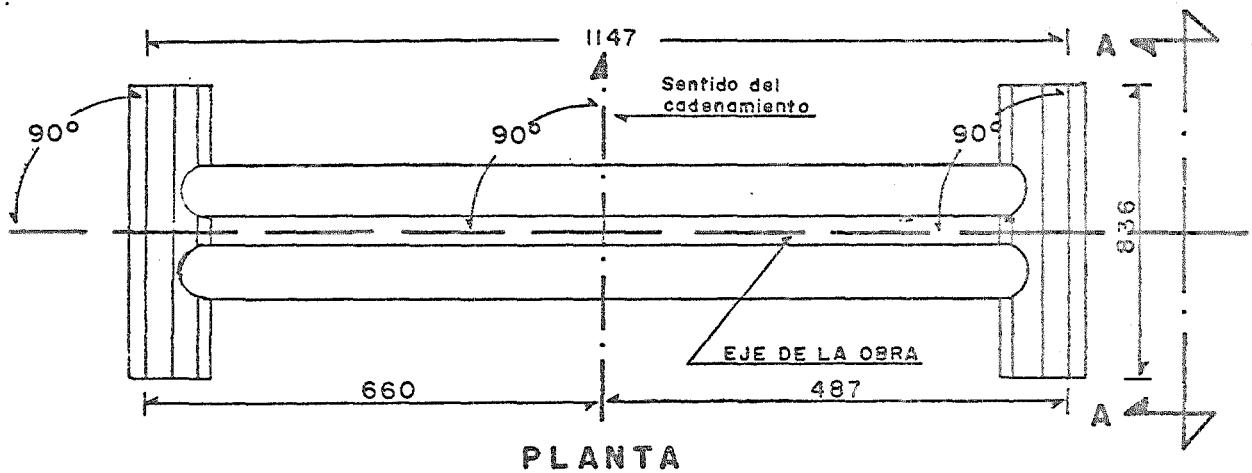
$h_1 =$	$\Sigma R =$	$h_2 =$
$d_1 =$	$T_1 + T_2 =$	$d_2 =$
$L_1 = 6.60$	$L' = 11.47$	$L_2 = 4.87$
$L_{T1} = 6.60$	$L_T = 11.59$	$L_{T2} = 4.87$
<u>SALIDA</u> Elev. = <u>403.21</u> m. Centro Elev. = <u>403.64</u> m. <u>ENTRADA</u> Elev. = <u>403.96</u> m.		

DATOS COMPLEMENTARIOS
Colchón en el $\underline{0.93}$ m. Clasificación terrazo (00-100-00) Altura Prom. 0.40 - 0.90 m.

NOTAS: CANAL DE ENTRADA Y SALIDA

Nivel izq. a 20.0 m. Nivel izq. a 10.0 m.
 Elev. 1401.83 m. Elev. 1403.28 m.

Nivel der. a 10.0 m. Nivel der. a 20.0 m.
 Elev. 1405.03 m. Elev. 1409.76 m.



NOTAS.- Carga viva tipo H20-S16
 El desplante de muros se hará en 403.96 capaz de una fatiga de trabajo de 100 kg/cm², para lo cual se podrá variar su elevación en ± 20 cm. modificando únicamente el espesor del cimientó.
 Los coronamientos llevarán un chapao de 3 cm. de espesor con mortero de cemento 1:5
 Elevaciones en mts. referidas al B.N. 91-1 sobre grapas en tronco de p.s.a 19.00 m.
 Derecha de estación 90+509.00 elevación 1407.958 m.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Tubo de 1.52 m. Ø	m.	23.18
Tramos de 0.61 m.	Pza.	38
Excavación clasificación	m ³	36
Mampostería de tercera clase con mortero cemento 1:5	m ³	26

CAMINO: AZUMBILLA-TLACOTEPEC DE DIAZ
 KM. 90+504
 ALCANTARILLA DE TUBO DOBLE DE LAMINA DE 1.52 m. Ø

CONCLUSION.-

En la mayoría de las carreteras construidas en el país no se ha podido prescindir de las obras de drenaje superficial, debido a la topografía y clima que se presenta.

Por lo que se les debe prestar igual interés que a las diferentes partes que conforman la estructura misma de un camino. De modo que efectuando de manera adecuada los estudios mencionados en el capítulo 1, para la realización de los proyectos de dichas obras que requiera el camino y cuidando que su construcción se efectúe en el lugar indicado y con los materiales y especificaciones correspondientes, además de una conveniente conservación; representa el tener una obra vial en condiciones óptimas de transitabilidad en cualquier época del año.

En el caso del subdrenaje; al intentar plantear las relaciones beneficio-costos y las alternativas de comportamiento, difícilmente se puede cuantificar con precisión el beneficio de una determinada obra de subdrenaje, así como establecer el cambio de factor de seguridad de una cierta parte del conjunto estructural de un camino o tramo de éste.

La importancia de la vía y el monto de bienes y servicios que por ella se mueven deben condicionar en cierta medida el criterio de frecuencia e intensidad de aplicación de normas de subdrenaje, de esto no debe concluirse que en caminos de poco tránsito ó bajo nivel económico de servicios no deba -- emplearse el subdrenaje. Lo que se trata de establecer es -- de que en tales obras, una falla o una superficie de rodamiento en condiciones precarias de transitabilidad tiene una importancia diferente de la de un camino principal.

Se ha establecido que el objetivo fundamental de una obra de subdrenaje es el de modificar un estado de presiones - neutrales y hacer cambiar la dirección de las fuerzas de filtración que como consecuencia de las leyes generales de la - Mecánica de suelos sea adverso para la estabilidad de una masa de suelo.

El planteamiento de un adecuado sistema de subdrenaje, requiere de buena información sobre la naturaleza y disposición de los materiales naturales involucrados. La inspección de campo debe principiar desde las etapas de selección de la ruta, toda la información obtenida deberá verificarse en la etapa de construcción, cuando se abran los cortes y se coloquen los terraplenes.

Como ya se dijo los estudios geológicos constituyen un arma de valor fundamental que deberán definir las formaciones existentes y su secuencia, así como todo tipo de accidentes; como fallas, plegamientos, fisuras, grietas y fracturas, debe definirse si estas últimas son abiertas o cerradas y de -- que material están rellenas, la permeabilidad de los estratos y las formaciones; todo esto es importante para tener una idea clara del panorama general.

En el caso de los drenes de penetración transversal, subdrenes longitudinales de zanja y de capas rompedoras de capilaridad, ha de insistirse en que su efectividad está ligada a su capacidad drenante y a su localización apropiada.

Si se localiza un estrato blando a una profundidad considerable, podrá pensarse en la utilización de trincheras estabilizadoras, si el área inestable está en una depresión natural la trinchera estabilizadora podrá localizarse en la depre

sión con su eje normal al eje del camino.

En los casos en que la profundidad del agua subterránea es tal que no puede pensarse en substitución del material su prayacente y que las trincheras estabilizadoras resultan anti económicas, entonces se puede pensar en las galerías filtrantes.

Tiene que ser posible llegar en cada caso en particular a secciones no solo más seguras sino también más económicas en el sentido de involucrar menores movimientos de tierras.

Tanto para mejorar la estabilidad de taludes y laderas naturales como para proteger pavimentos y dar estabilidad ge neral a las terracerías el subdrenaje es una arma valiosa en la que siempre debe pensarse y cuya justificación económica es frecuentemente indiscutible, unicamente queda a considerar con todo cuidado cuando ha de usarse.

M-0028663