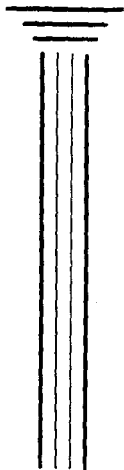


115  
20



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA  
Y GEODESICA**



**OBRAS DE DRENAJE EN LA NUEVA  
AUTOPISTA MEXICO-ACAPULCO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A  
**JOSE GUADALUPE RAMIREZ MIRANDA**

DIRECTOR DE TESIS:

**ING. RAFAEL ABURTO VALDES**



CIUDAD UNIVERSITARIA  
MEXICO, D. F.

1991

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

# I N D I C E

I.- INTRODUCCION. ....	2
II.- CONCEPTOS GENERALES. ....	6
1 - CONSIDERACIONES HIDROLOGICAS.....	7
2 - CLASIFICACION DEL DRENAJE .....	9
3 - MATERIALES .....	12
III.- DRENAJE SUPERFICIAL. ....	13
1.- DRENAJE LONGITUDINAL. ....	14
A.- CUNETAS .....	14
B.- CONTRACUNETAS .....	23
C.- CANALES DE ENCAUZAMIENTO .....	27
D.- BORDILLOS .....	29
2.- DRENAJE TRANSVERSAL.....	31
A.- ALCANTARILLAS. ....	31
A1.-AREA HIDRAULICA DE LAS ALCANTARILLAS.....	35
A2.-PENDIENTE DE LA ALCANTARILLA .....	42
A3.-TIPOS DE ALCANTARILLA.....	43
- TUBERIA .....	44
- CAJON .....	52
- BOVEDAS .....	53
- LOSAS .....	56
A4.-LONGITUD DE LAS ALCANTARILLAS .....	58
A5.-CARGAS VIVAS SOBRE LAS ALCANTARILLAS.....	61
A6.-CARGAS MUERTAS SOBRE LAS ALCANTARILLAS....	65
B.-LAVADEROS .....	68

C.-VADOS .....	69
D.-BOMBEO .....	71
E.-PUENTES .....	72
<b>IV.- DRENAJE SUBTERRANEO. ....</b>	<b>86</b>
1 - SUBDRENES DE ZANJA .....	89
2.- CONSTRUCCION DE UNA CAPA PERMEABLE .....	91
3.- TRINCHERAS ESTABILIZADORAS .....	93
4.- DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION .....	95
5.- POZOS DE ALIVIO .....	97
6.- GALERIAS FILTRANTES .....	99
7.- SECUENCIA DE PROYECTO DEL DRENAJE SUBTERRANEO .....	101
<b>V.- BREVE DESCRIPCION DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN LA     AUTOPISTA                      CUERNAVACA-ACAPULCO, TRAMO     CHILPANCINGO-TIERRA COLORADA, SUBTRAMO: km 58+000 AL     68+000. ....</b>	<b>103</b>
<b>VI.- CONCLUSIONES. ....</b>	<b>120</b>
<b>- GLOSARIO. ....</b>	<b>125</b>
<b>- BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>127</b>

# C A P I T U L O I

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

## I.- INTRODUCCION.-

El agua es uno de los elementos que más daños ocasiona a los caminos, esto por no decir, que es el más perjudicial para estos, ya que en general provoca la disminución de la resistencia de los suelos, lo que origina fallas en los terrapienes, cortes y superficies de rodamiento.

Por tal motivo, las obras de drenaje en las carreteras son de vital importancia, ya que un buen drenaje ayuda a que el agua se aleje lo más pronto posible de la carretera evitando con esto daños a la misma. Como consecuencia de lo anterior podemos decir que las obras de drenaje son el alma de los caminos.

Tenemos como definición de *drenaje artificial* de una obra vial *al conjunto de obras que sirven para captar, conducir y alejar el agua que pudiera causarle problemas.*

El agua de lluvia, al caer sobre la superficie terrestre, tiene varios destinos: puede escurrir superficialmente, infiltrarse al subsuelo, evaporarse o evapotranspirarse. Como sabemos el agua que escurre superficialmente se va uniendo de tal manera que se llegan a formar pequeños escurrideros que posteriormente serán arroyos y finalmente ríos, que descargarán en lagos o mares.

En la construcción de una carretera, casi siempre se corta el escurrimiento natural del agua, es decir, se obstruye su paso, permitiendosele sólo en lugares estratégicos en los que se construirán las obras de drenaje que permitan alejar el agua del camino lo más pronto posible.

De modo tal que el agua que antes de la construcción del camino escurría libremente, debe ser canalizada de manera eficiente para ser concentrada a las obras de drenaje, esto da origen a las obras de captación y a las de conducción.

Podemos concluir que en la construcción de una carretera, se modifican las condiciones de escurrimiento en las zonas que esta atraviesa, lo que puede ocasionar problemas como son: erosiones, depósitos e inundaciones.

Se tiene por otro lado que las características de las cuencas son alteradas por la construcción de una carretera, pues esta provoca el desarrollo económico de su zona de influencia, lo que trae como consecuencia modificaciones en el uso de la tierra; por ejemplo, en una zona que antes de la construcción era boscosa, se llevarán a cabo desmontes que alteran la rapidez de concentración del agua, lo que trae como consecuencia que aumente la erosión de la cuenca y propicia la acumulación de azolves aguas abajo, por lo que se modifica el régimen pluviométrico.

Por otro lado se tiene que el agua que se infiltra al subsuelo, tiende a aflorar por los taludes y camas de la carretera, lo que provoca se dañe su estabilidad, por lo que es necesario cortar los flujos o profundizar el nivel de las aguas freáticas.

Un estudio de drenaje se inicia con la elección de ruta, para lo cual se debe elegir la zona que provoque menos problemas de escurrimiento. De ser posible, utilizando las pendientes máximas permisibles tratando de aprovechar los parteaguas en donde el drenaje será mínimo.

Cuando los caminos se localizan en las laderas de las serranías, el drenaje aumenta, sin embargo, las cuencas y los escurrideros están generalmente bien definidos; es sin embargo, en terrenos planos en donde se pueden tener mayores problemas de drenaje, ya que a menudo, ni las cuencas ni los escurrideros están bien definidos.

Como puede observarse, el prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de una carretera, por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre la carretera sobre suelos estables, permanentes y naturalmente drenados. Sin embargo, debido a la necesidad de un alineamiento determinado, el camino puede atravesar suelos variables, permeables e impermeables, obligando ello a la construcción de obras de drenaje de acuerdo a las condiciones requeridas.

Se han hecho estudios de varios caminos en mal estado, donde se puede observar que un drenaje inadecuado más que ninguna otra causa, ha sido responsable del daño que han sufrido.

Resumiendo todo lo anterior podemos decir, que el drenaje en las carreteras, tiene como primer finalidad el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llegue al camino.

Para que un camino tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo destruyendo el pavimento y originando la formación de baches, así como evitar también que el agua que debe escurrir por las cunetas se



estanque y reblandezca las terracerías, originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales.

## C A P I T U L O    I I

### C O N C E P T O S    G E N E R A L E S

## II.- CONCEPTOS GENERALES.-

### - CONSIDERACIONES HIDROLOGICAS.

Son siete los factores que afectan el escurrimiento del agua:

- 1.- Cantidad y tipo de precipitación
- 2.- Ritmo de precipitación
- 3.- Tamaño de la cuenca
- 4.- Declive superficial
- 5.- Permeabilidad de suelos y rocas
- 6.- Condiciones de saturación
- 7.- Cantidad y tipo de vegetación

Con relación a la cantidad y tipo de precipitación, se debe tomar en cuenta la cantidad de agua que cae al año y si lo hace en forma de aguacero o de lluvia fina durante periodos largos.

El tamaño del área por drenar es importante, ya que un aguacero puede abarcar la totalidad de una cuenca pequeña, pero si las cuencas son muy grandes, la lluvia puede caer sólo en parte de ella e infiltrarse bastante al escurrir sobre la zona no mojada; asimismo, la pendiente de la cuenca es importante, ya que el agua se concentrará más rápidamente a medida que la pendiente sea mayor y que la topografía permita cauces más directos.

Si la permeabilidad de los suelos y rocas es alta debido a su formación geológica (estratigrafía, fracturación, etc.), el escurrimiento es menor, ya que una parte importante del agua se infiltrará. En cambio, en suelos con una saturación alta o con

una cubierta de pastizales cerrada, el escurrimiento es mayor aunque en el último de los casos puede ser lento.

En la actualidad, se cuenta con diferentes métodos hidrológicos para obtener el gasto que una cuenca puede aportar, estos métodos se clasifican en:

- Empíricos
- Estadísticos
- Basados en la relación lluvia-escurrimiento

Los métodos empíricos están basados en la experiencia de los proyectistas y, en general, requieren del conocimiento del tamaño de la cuenca considerada y se aplica un factor con el cual se pretende tomar en cuenta los otros factores.

Los métodos estadísticos son los que hacen uso de datos de precipitaciones y escurrimientos que se han registrado durante un largo tiempo y se basan en los gastos máximos anuales de la corriente de que se trate. Sin embargo, la mayoría de los estudios que se tienen son para corrientes muy importantes y no son aplicables a las cuencas pequeñas que son las que en general cruzan las carreteras, excepto las que requieren puentes muy importantes.

Por último, los métodos basados en la relación lluvia-escurrimiento, requieren de datos de precipitación, así como de algunas características de la cuenca en estudio, su aplicación está limitada a cuencas pequeñas, ya que estos métodos fueron desarrollados para áreas hasta del orden de 50 km cuadrados.

De lo anterior se puede concluir que es necesario que los proyectistas y supervisores de caminos tengan la suficiente experiencia y buen juicio para utilizar los coeficientes o ajustar los métodos empíricos en uso, a las diferentes zonas que puedan atravesar los caminos del país.

Además de los métodos hidrológicos, existen también métodos de campo para conocer el gasto de las corrientes que aprovechan estrechamientos, cambios de pendiente, vertederos existente, etc. El de aplicación más común por la disponibilidad de los datos que requiere, es el de *sección y pendiente*.

#### -CLASIFICACION DEL DRENAJE.

El drenaje artificial se clasifica en:

- Drenaje Superficial
- Drenaje Subterráneo

Esto es según el escurrimiento sea o no através de las capas de la corteza terrestre.

El Drenaje Superficial a su vez se clasifica, según la posición que las obras guardan con respecto al eje del camino, en paralelo y transversal.

El *drenaje longitudinal* ( en paralelo ) es llamado de esta manera porque estas obras son situadas mas o menos en forma paralela al eje del camino. Este tipo de drenaje tiene por

objetivo captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, evitando de esta forma que no causen desperfectos. En este tipo de obras se encuentran las cunetas, las contracunetas, bordillos y los canales de encauzamiento.

El *drenaje transversal* es el que tiene por objetivo dar paso de manera rápida al agua que cruza de un lado a otro del camino. En este tipo de obras se encuentran: tubos, losas, cajones, bóvedas, lavaderos, vados, sifones invertidos, puentes y el bombeo de la corona.

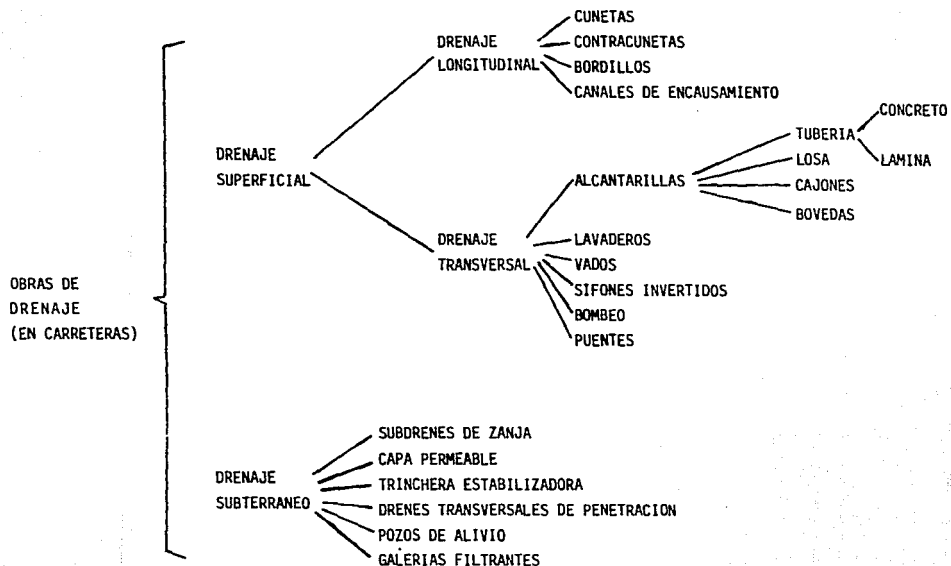
De acuerdo a la dimensión del claro de las obras de drenaje transversal, se ha convenido dividir a estas en mayor o menor. El drenaje mayor es aquel que requiere obras con claro mayor a 6 metros. A las obras de drenaje mayor se les denomina puentes y a las de drenaje menor se les denomina alcantarillas.

El *Drenaje Subterráneo* es en muchos aspectos muy semejante al drenaje superficial, ya que las capas impermeables forman canales bien definidos o vasos de almacenamiento de agua subterránea tal como sucede en la superficie del terreno.

El objetivo del drenaje subterráneo es la de proporcionar ductos de drenaje adecuados para controlar el escurrimiento de esa agua ( de las capas impermeables ) en forma rápida.

Cada lugar que requiera drenaje subterráneo, o subdrenaje como también se llama, es un problema individual y diferente, y por lo tanto deben aplicarse los principios de ingeniería para su solución adecuada. Al drenaje subterráneo debe dársele toda la atención que se merece ya que de él depende gran parte de la seguridad y estabilidad de las carreteras.

CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN LAS CARRETERAS



Entre las obras de drenaje subterráneo se tienen: las zanjas, los drenes ciegos y los drenes de tubo. Todas estas obras se explicaran a detalle más adelante.

#### **-MATERIALES.**

Los materiales que se utilizan en la construcción de las obras de drenaje de las carreteras, son los convencionales para este tipo de obras, es decir, concreto hidráulico, mampostería, lámina de acero, acero estructural, tubería de concreto, morteros de cal / cemento.

Dentro de lo posible, se procurará utilizar el material de la región, como puede ser la madera y la piedra brasa. La calidad de los materiales y procedimientos de construcción, son los que se indican en las Especificaciones Generales de Construcción.

Para la verificación de la calidad de los materiales que se usen en las obras de drenaje, se deberá recurrir a los laboratorios de obra y a las unidades de Laboratorio de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.



## C A P I T U L O    I I I

### D R E N A J E    S U P E R F I C I A L

### III.- DRENAJE SUPERFICIAL.-

Con relación al drenaje superficial se tratarán los dos aspectos mencionados anteriormente. Primero, la manera de reducir al mínimo el agua que afluye al camino, mediante la captación de la misma, y segundo, la forma de dar rápida salida al agua que inevitablemente entra al mismo.

Por lo tanto, trataremos primero las obras de drenaje longitudinal, y posteriormente las de drenaje transversal.

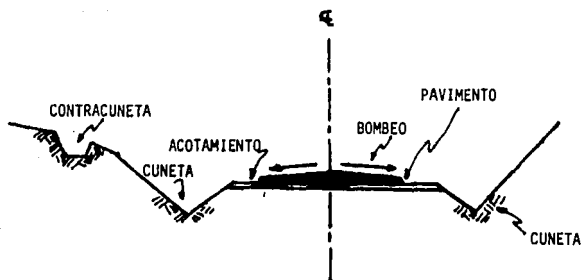
#### III.1- DRENAJE LONGITUDINAL.

Dentro de las obras de drenaje longitudinal ( en paralelo ) trataremos solamente las cunetas, las contracunetas y los canales de encauzamiento.

##### A.- CUNETAS.

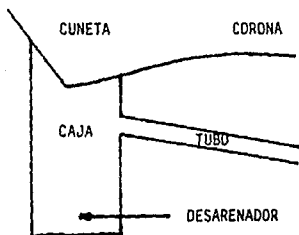
Las cunetas son zanjas que se hacen a ambos lados de las carreteras con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad de la carretera ( o de toda la carretera en la curvas ), el agua que escurre por los cortes y a veces la que escurre de pequeñas áreas adyacentes.

Cuando las cunetas pasan del corte al terraplén, se prolongan a lo largo del pie del terraplén dejando una berma convencional entre dicho pie y el borde de la cuneta para evitar que se remoje el terraplén lo cual es causa de asentamientos.



Para calcular el área hidráulica de las cunetas, será necesario tomar en cuenta las diferentes características del área por drenar. Se ha considerado suficiente para la mayoría de los casos, la utilización de una sección transversal triangular cuya profundidad sea de 30 a 33 cm., con un ancho de un metro y con taludes del lado de la corona 3:1 y del lado del corte, la que corresponda según el material que se encuentre.

La longitud de las cunetas no debe ser mayor a 250 m., si sobrepasa esa cantidad, se deberá construir una obra de alivio, que permita disminuir esa longitud al captar y conducir fuera de la carretera el caudal de la cuneta hacia aguas abajo.



Sección de una obra de alivio para desalojar lateralmente el caudal de una cuneta muy larga.

También se han usado secciones rectangulares y trapezoidales, sin embargo, en general no son muy estables, y en segundo lugar, para caminos angostos, causan inseguridad a los usuarios y molestias en caso de caer en ellas. Por lo anterior, se acostumbra más el uso de la sección triangular que, por otro lado, son más fáciles de conservar con equipo mecánico.

Debido a que el área a drenar por las cunetas es relativamente pequeña, generalmente estas se proyectan para que den capacidad a fuertes aguaceros de 10 a 20 minutos de duración. Se puede decir que se considera suficientemente seguro proyectar cada cuneta para que tomen el 80 % de la precipitación pluvial que cae en la mitad del ancho total del derecho de vía.

Las dimensiones, la pendiente y otras características de las cunetas, se determinan mediante el flujo que va a escurrir por las mismas. El diseño de las cunetas se basa en los principios

del flujo en canales abiertos. En un flujo uniforme, las relaciones básicas se indican mediante la conocida fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

en la que:

**V** = velocidad promedio, en m/s.

**n** = coeficiente de rugosidad de Manning.

**R** = Radio hidráulico, en metros (área de la sección transversal entre perímetro mojado).

**S** = Pendiente del canal, en metro por metro.

Por otro lado se sabe que:

$$Q = A * V$$

por lo que incluyendo el valor de V de la fórmula de Manning, se tiene:

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

en la que:

**Q** = Descarga (gasto), en metros cúbicos por segundo.

**A** = Área de la sección transversal del flujo, en metros cuadrados.

A continuación se presenta una tabla con valores de  $n$  para la fórmula de Manning, según el material que se tenga.

TIPO DE MATERIAL	VALORES DE $n$
Tierra común, nivelada y alisada	0.02
Roca lisa y uniforme	0.03
Roca con salientes y sinuosos	0.04
Lechos pedregosos y bordos enhierbados	0.03
Plantilla de tierra, taludes asperos	0.03

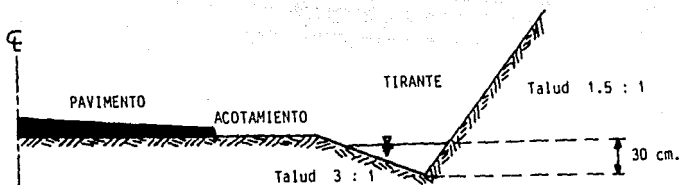
Lo que se persigue en la construcción de las cunetas es que sean de sección transversal eficiente y que sean fáciles de construir y conservar.

Las cunetas en forma de V (triangular) tienen la ventaja de que su forma se aproxima a la de un badén común, y así si algún día se amplía la pavimentación de la carretera, con poco trabajo se podrá transformarse la cuneta en badén.

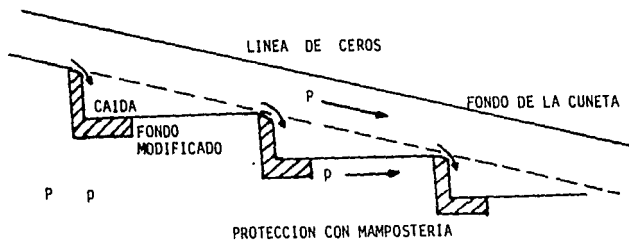
Se designa con el nombre de badén a toda cuneta que además de ser pavimentadas tienen la característica de que forman parte de la calzada misma, por lo que es de poca pendiente, de poca profundidad y con frecuentes salidas para el agua, haciendo estas salidas mediante rejillas, coladeras, etc.

Las desventajas de las cunetas en V es que deben hacerse muy anchos en pendientes suaves y si el camino va en cortes muy fuertes puede resultar muy costoso dar el ancho necesario. Hay una cuneta que se le ha llamado *cuneta tipo* que tiene talud interior de 3:1 (del lado del camino) y 1.5:1 del lado exterior con un tirante de agua de 30 cm.

## CUNETA TIPO



Cuando el material de las cunetas es erosionable, se deberá reducir la velocidad que alcanza el agua, disminuyendo la pendiente de la cuneta y provocando caídas para que el fondo de la cuneta esté por debajo de la subrasante, o aumentarse la sección del canal y en ciertos casos revestirse.



Cuneta escalonada longitudinalmente para evitar erosión en el fondo, cuando la pendiente del camino es fuerte.

Para que las cunetas se conserven en buen estado es necesario que la velocidad del agua que escurre por ellas no pase de ciertos valores. A continuación se dan unos valores aproximados de la velocidad a que comienzan a deslavarse los materiales.

M A T E R I A L	VELOCIDAD (m/s)
Arena fina	0.45
Arena media	0.60
Arena gruesa	0.90
Grava fina	1.50
Grava media	2.00
Grava gruesa	3.50
Arcilla arenosa	0.50
Arcilla firme	1.25
Arcilla común	0.85
Tepetate	2.00
Zampeado	4.00
Concreto	7.00

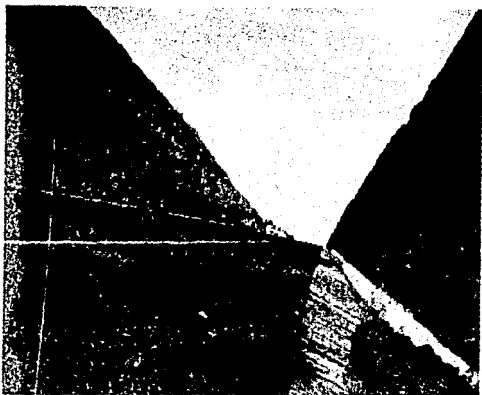
La tabla anterior puede servir de guía para saber si una cuneta necesita o no protegerse mediante un zampeado o en la forma que se crea conveniente.

A continuación se presenta una tabla donde se muestran los gastos y velocidades en cunetas tipo ( 1 m x 0.33 m ) con diferentes pendientes.



PENDIENTE LONGITUDINAL ( % )	VELOCIDAD m/s	GASTO m <sup>3</sup> /s
1	0.60	0.110
2	0.90	0.170
3	1.10	0.200
4	1.30	0.240
5	1.50	0.270
6	1.60	0.300
7	1.70	0.320
8	1.80	0.340
9	2.00	0.370
10	2.10	0.400

En la transición de las cunetas con las obras de alivio, con frecuencia se hace necesario construir otras obras auxiliares, que pueden ser muros interceptores dentro de la sección de las cunetas o bien cajones de entrada con desarenadores que son los más ventajosos y más recomendables.



Cuneta ubicada en el km 241 + 000, de la Autopista México-Acapulco.

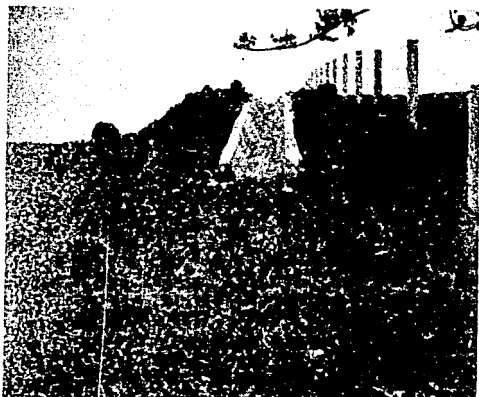
## B. - CONTRACUNETAS.

Como ya se indico, las cunetas solo pueden llevar el agua que escurre por el bombeo del camino y de los taludes de corte, y de pequeñas Areas adyacentes. Con el fin de recoger y encauzar el agua que proviene de zonas más alejadas y que se dirigen al camino, hay que construir zanjas llamadas **contracunetas** colocadas transversales a la pendiente del terreno, las cuales interceptan el paso del agua y la alcajan de los terrapienes y cortes. Debe tenerse mucho cuidado al construir las contracunetas ya que, a veces, pueden ser **contraproductentes**.

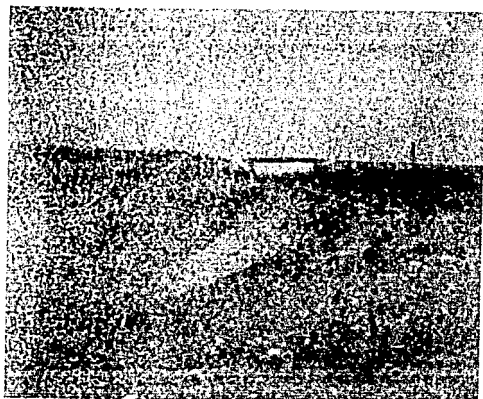
Las **contracunetas** son zanjas que se construyen aguas arriba de los cerros en los que hubo cortes, y tienen como finalidad interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada inmediata o parte baja del terreno, evitando que al escurrir por los taludes las erosione y que se aumente el caudal de las cunetas.

Cuando la carretera sigue aproximadamente la dirección de la pendiente del terreno, son innecesarias las contracunetas porque entonces el agua correrá paralelamente a la carretera en dirección de los **thalwegs** y por ahí saldrá a las alcantarillas.

Como se puede observar el uso de las contracunetas está indicado en terrenos montañosos o en lomerío, pero en cualquier caso debe observarse la naturaleza geológica del terreno para no hacer contracunetas que vayan a resultar perjudiciales en vez de útiles.



Contracuneta de  
concreto de sec-  
ción trapezoidal.



Su construcción debe ser sólo en aquellas zonas en que el escurrimiento es transversal a la carretera y proveniente de una cuenca grande, de tal manera, que pudiera sobrepasarse la capacidad de la cuneta; para su localización y proyecto, se deberán tomar en cuenta tanto la formación geológica, la topografía y la cobertura vegetal del terreno.

En el proyecto de la sección de una contracuneta intervienen, entre otros factores, la precipitación, el área por drenar, la forma y la pendiente de la ladera, la cubierta vegetal y el tipo del suelo.

La sección de las contracunetas, generalmente es de forma trapezoidal y a fin de asegurar un buen funcionamiento se ha establecido que las dimensiones sean de 0.80 m. en la plantilla y 0.50 m. de profundidad; el talud de aguas abajo será suficiente para que no se derrumbe, y el de aguas arriba deberá ser igual o mayor con el fin de evitar que se erosione con el escurrimiento. El material que se extraiga se colocará aguas abajo dejando una berma de 50 cm.

La distancia de la contracuneta ( en toda su longitud ) al borde del corte será como mínimo de 5 m., o en su caso una distancia igual a la altura del corte, si esta es mayor. Su pendiente debe ser uniforme desde el punto de partida hasta su desfogue, para evitar los trastornos que se producen en los cambios de pendiente, como son excavaciones y azolves.

Cuando exista la probabilidad de que con la presencia de la contracuneta y el tipo de materiales se presenten fallas de talud, será conveniente impermeabilizar el canal con el procedimiento más económico, o bien, sustituirlo con un bordo

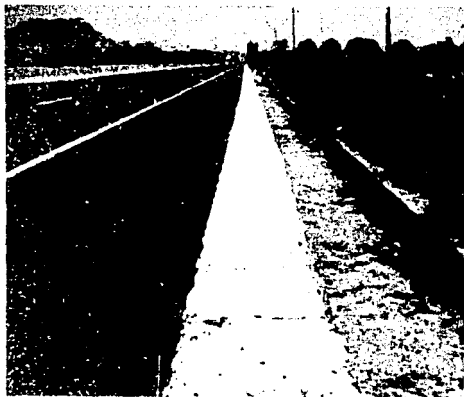
formado con material de préstamo localizado en un lugar que no afecte a la carretera. El bordo se construirá con la pendiente longitudinal adecuada.

### C.- CANALES DE ENCAUZAMIENTO.

En terrenos sensiblemente planos, en donde el escurrimiento es del tipo torrencial y no existen cauces definidos, existe la necesidad de construir canales que intercepte el agua antes de que llegue a la carretera y la conduzca a sitios elegidos con anticipación para construir una obra y efectuar el cruzamiento.

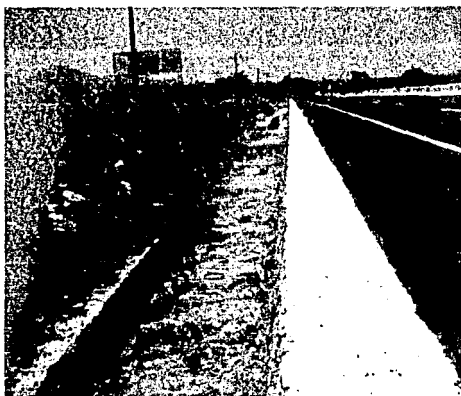
El material que se extraiga al construir estos canales, si es de la calidad adecuada, puede utilizarse en la construcción de los terraplenes.

La pendiente del canal deberá proyectarse tomando en cuenta, entre otros factores, el que la descarga se efectúe en el sitio preestablecido y evitar la construcción de canales de salida de gran longitud.

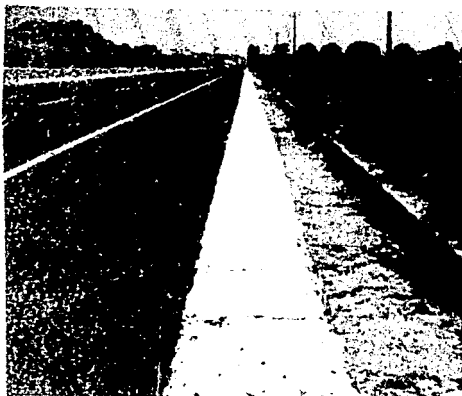


Canal de encauzamiento  
ubicado en el km 17 + 800  
tramo Cuernavaca-Puente  
de Ixtla. Autopista  
Cuernavaca-Acapulco.

Otra vista del canal

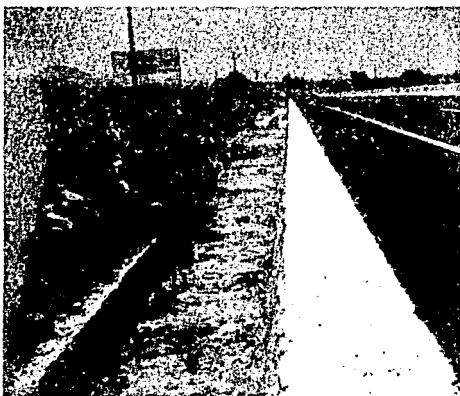






Canal de encauzamiento  
ubicado en el km 17 + 800  
tramo Cuernavaca-Puente  
de Ixtla, Autopista  
Cuernavaca-Acapulco.

Otra vista del canal



## D. BORDILLOS.

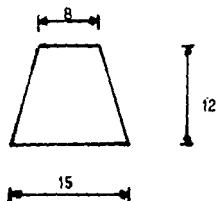
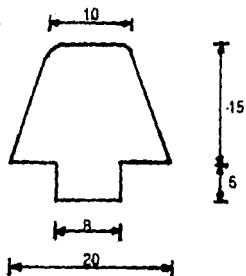
Son estructuras que van colocadas en el lado exterior del acotamiento en las secciones de tangente, en los bordes opuestos al corte en las secciones en balcón o también en la parte interior de las secciones de terraplén en curva.

Los bordillos son de tamaño pequeño, los cuales forman una barrera que permite conducir el agua hacia los lavaderos y las bajadas, evitando con esto posibles erosiones en los taludes y la saturación de estos por el agua que cae sobre la corona de la carretera. La sección de los bordillos es generalmente trapecial, y pueden ser de concreto asfáltico o hidráulico.

El bordillo debe tener una altura que sea suficiente para que este no sea rebasado por el agua almacenada, pero no debe sobrepasar ciertos límites, pues esto llegaría a crear una sensación psicológica de confinamiento que es inconveniente para algunos conductores de vehículos que han de circular por la carretera.

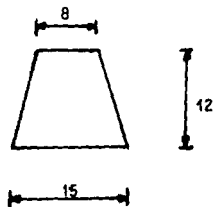
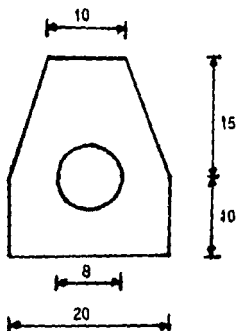
En la construcción de los bordillo generalmente se utiliza concreto hidráulico o asfáltico; para su construcción se utiliza cimbra de madera o metálica, a no ser que se cuente con máquinas especiales, que permitan la construcción de una manera más rápida y sencilla.

### BORDILLOS DE CONCRETO ASFÁLTICO



Bordillo de concreto asfáltico, elaborado con material pétreo de tamaño máximo de 3/4" y cemento asfáltico del No. 6 en proporción aproximada de 100 kg/m<sup>3</sup> de material pétreo.

### BORDILLOS DE CONCRETO HIDRAULICO



Bordillo de concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$

ACOTACIONES EN cm.

### 111.2.- DRENAJE TRANSVERSAL.

Las obras de drenaje transversal son también llamadas obras de cruce, y tienen por objeto dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro de la carretera.

En estas obras de cruce se encuentran comprendidos los puentes y las alcantarillas. La diferencia fundamental entre los puentes y las alcantarillas es que estas llevan un colchón encima de tierra y los puentes no.

#### A.- ALCANTARILLAS.

Son estructuras de forma diversa que tienen la función de conducir y desalojar lo más rápidamente posible el agua de las hondonadas y partes más bajas del terreno que atraviesan la carretera.

Una alcantarilla consta de dos partes: el cañon y los muros de cabeza. El cañon forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura. Los muros de cabeza sirven para impedir la erosión alrededor del cañon, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal. Sin embargo, si se alarga el cañon, los muros de cabeza se pueden omitir.

Según la forma del cañon las alcantarillas se dividen en:

- Alcantarillas de tubo
- Alcantarillas de cajón
- Alcantarillas de bóveda
- Alcantarillas de losa

En la construcción de las carreteras, aún en aquellas en que los fondos económicos estén limitados, deben siempre llevarse a cabo todas las estructuras necesarias, con el objeto de proteger la carretera estableciendo un sistema razonable de drenaje de una vez por todas, ya que una estructura mal localizada provoca posteriormente trastornos costosos.

Además, siendo el costo del alcantarillado del 5 % del costo de una carretera aproximadamente, se puede observar que el costo de la carretera no se aumenta en forma notable si se proyecta el sistema en forma liberal.

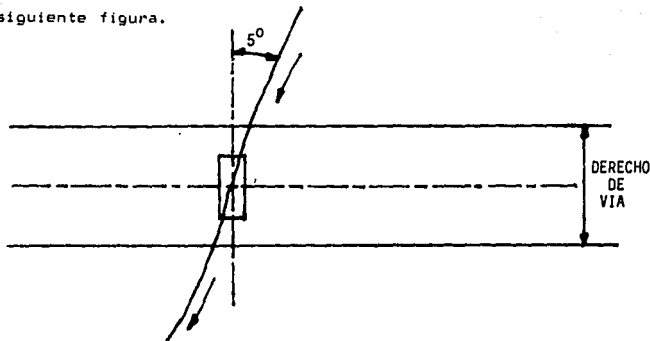
Las alcantarillas se colocan, generalmente en el fondo del cauce que desaguan, aunque en algún caso particular puede cambiarse esa localización.

Al hacer esa localización de una alcantarilla debe procurarse no forzar los cruces para hacerlos normales cuando la localización razonable y natural es esviada, ya que en esos casos la economía obtenida con cruces normales casi nunca compensa los gastos de conservación ocasionados por la erosión del agua al sufrir estas fuertes desviaciones.

Por otro lado, no debe tratar de reducirse el número de alcantarillas concentrando en una sola el agua de varios talwegos, sino por el contrario, es conveniente colocar todas

las alcantarillas que sean necesarias para un funcionamiento eficaz del drenaje.

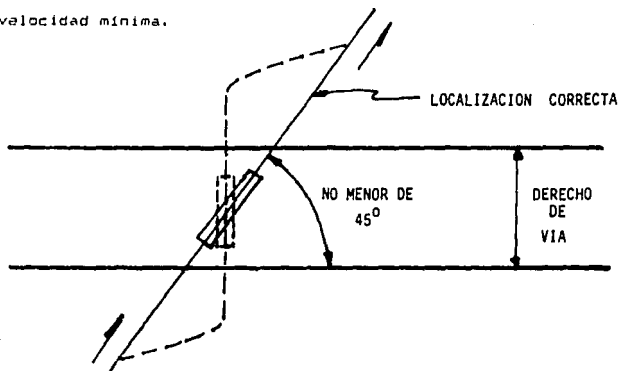
Sin embargo, cuando el esviamiento de una corriente sea igual o menor a 5 grados es preferible hacer la estructura perpendicular al camino suprimiendo el esviamiento y rectificando ligeramente el cauce, tal como se indica en la siguiente figura.



Cuando la forma del cauce se ajusta a la dirección de la alcantarilla, basta poner aleros o muros de cabeza para encauzar el agua. Cuando el cauce es irregular o se encuentra cubierto de piedras o de maleza, es necesario canalizar un tramo a la entrada y a la salida de la alcantarilla para que el agua se encauce bien.

En los casos en los que la dirección de la corriente y la normal al eje del camino formen un ángulo mayor de 5 grados, es preferible alinear la alcantarilla con el fondo del arroyo aún a expensas de que resulte una obra más larga y costosa que la construida normalmente, ya que ésta requerirá canalizar el

cauce con codos mas o menos forzados que son poco resistentes al embate del agua en aguaceros fuertes produciéndose deslaves en los lugares de máxima velocidad y azolves en aquellos de velocidad mínima.



Cuando una carretera cuenta con cunetas muy largas debido a que va bordeando una loma o ladera, por ejemplo, es muy conveniente aliviar la cuneta cada 100 metros mediante el empleo de una alcantarilla de alivio que sirva para dar salida a toda el agua que esté arriba de la misma, lográndose con esto, que la cuneta no pase de cierto límite. Los 100 m. es sólo como guía, ya que esta longitud dependerá de la pendiente, del tipo de suelo, de la protección de las cunetas y ancho de su sección transversal.

#### A.1.- AREA HIDRAULICA DE LAS ALCANTARILLAS.

Para el cálculo del área hidráulica, se debe permitir el paso del máximo caudal del agua que haya en cada caso, haciéndole de tal manera que no cause trastornos ni a la carretera ni a la estructura misma.

Existen cinco procedimientos para proyectar hidráulicamente una alcantarilla. Estos procedimientos son:

- a.- Por comparación
- b.- Empírico
- c.- De sección y pendiente
- d.- De la precipitación pluvial
- e.- Racional

El *procedimiento por comparación* se aplica en aquellos casos en los que se trata de construir una nueva alcantarilla en un lugar donde ya había otra, o cerca de otra alcantarilla existente en el mismo arroyo. Este procedimiento es aplicable cuando las huellas de altas aguas encontradas en la alcantarilla existente sean claras.

Si no ha habido alcantarilla en el lugar, entonces una alcantarilla cercana puede dar indicaciones de valor si se pueden obtener datos de como ha funcionado en el pasado durante fuertes aguaceros.

El *procedimiento empírico* es especialmente usado cuando no ha existido ninguna alcantarilla en el lugar y cuando no hay datos respecto al gasto máximo de arroyo, ni datos de precipitación pluvial. El método empírico está bastante generalizado y consiste en el empleo de ciertas fórmulas



empíricas para calcular el área hidráulica en función del área drenada y de las características topográficas de la cuenca a drenar.

Existen tres fórmulas empíricas utilizadas para obtener el área hidráulica, la de Talbot, la de Peck y la de Meyers; siendo la de Talbot la que más se acerca al promedio de los valores obtenidos con las tres fórmulas. La fórmula de Talbot, profesor de la Universidad de Illinois es:

$$a = 0.183 C \sqrt{A}$$

en donde :

**a** = Área hidráulica, en metros cuadrados, que deberá tener la alcantarilla.

**A** = Superficie a drenar.

**C** = Coeficiente que vale:

C = 1.00 para terrenos montañosos y escarpados.

C = 0.80 para terrenos con mucho lomerío.

C = 0.60 para terrenos con lomerío

C = 0.50 para terrenos muy ondulados

C = 0.40 para terrenos poco ondulados

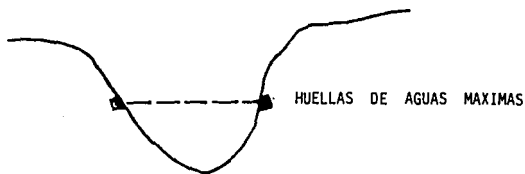
C = 0.30 para terrenos casi planos

C = 0.20 para terrenos planos

El procedimiento de Sección y Pendiente, consiste en determinar el gasto del cauce por medio de secciones hidráulicas definidas y de la pendiente del arroyo. Para ello es necesario valerse de las huellas de las aguas máximas en el sitio en que se colocará la alcantarilla y determinar la sección y la pendiente del cauce en el cruce y en dos secciones definidas en las cuales las márgenes sean altas y sobrepasen el nivel de las aguas máximas.

El gasto máximo se calculará en función del Área hidráulica, el perímetro mojado, la pendiente y un coeficiente de rugosidad de acuerdo con las paredes del cauce. Con estos elementos, y mediante la fórmula de Manning se obtiene la velocidad que multiplicada por el Área hidráulica correspondiente nos proporciona el gasto máximo para el que debe calcularse la alcantarilla.

Sin embargo, es muy frecuente que a pesar de tratarse de un cauce bien definido, no se encuentren huellas dejadas por el agua, por lo que en estos casos conviene deducir el gasto mediante el procedimiento de precipitación pluvial.



El procedimiento de la Precipitación Pluvial consiste en proyectar la alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable de lluvia. Las fórmulas para el cálculo del gasto con este procedimiento requieren el conocimiento de la precipitación pluvial, del área a drenar, de su topografía y de clase de suelo del área. Los últimos tres datos se pueden determinar en cualquier lugar en el momento en que se necesiten, más no así la precipitación pluvial la cual es necesario conocer su valor máximo en un número bastante grande de años.

La fórmula que se utiliza para calcular el gasto máximo de una alcantarilla debido a un aguacero intenso en un área tributaria definida, es la de Burkli-Ziegler.

$$Q = 0.022 C I A \sqrt[4]{S/A}$$

en la que:

Q = Gasto de la alcantarilla, en m<sup>3</sup> / s.

A = Número de hectáreas tributarias

I = Precipitación pluvial, en centímetros por hora, correspondiente al aguacero más intenso ( de 10 minutos de duración total )

S = Pendiente del terreno, en metros por kilómetro.

El coeficiente C depende de la clase del terreno que forma la cuenca o área tributaria de la alcantarilla y tiene los siguientes valores:

C = 0.75 para calles pavimentadas y distritos comerciales.

C = 0.30 para poblaciones con parques y calles con pavimento asfáltico.

C = 0.25 para terrenos de cultivo.

El método racional consiste en emplear una fórmula que indica que el gasto es igual a un porcentaje de la precipitación pluvial multiplicada por el área tributaria. Dicha fórmula es la siguiente:

$$Q = 27.52 C I A$$

siendo :

Q = Gasto, en litros por segundo.

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de la precipitación, correspondiente al tiempo de concentración, en centímetros por hora.

A = Área a drenar, en hectáreas.

Los valores de C son los siguientes:

Pavimentos asfálticos	0.75 a 0.95
Pavimentos de Concreto hidráulico	0.70 a 0.90
Suelos impermeables	0.40 a 0.65
Suelos ligeramente permeables	0.15 a 0.40
Suelos moderadamente permeables	0.05 a 0.20

Esta fórmula del método racional se basa en cuatro hipótesis que a continuación se mencionan:

- 1.-La proporción del escurrimiento resultante, de cualquier intensidad de lluvia, es un máximo cuando esa intensidad de lluvia dura al menos tanto como el tiempo de concentración.
- 2.-El máximo escurrimiento resultante de una intensidad de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es una fracción de esa precipitación; o sea

que se supone una relación lineal entre  $Q$  e  $I$ , dando como consecuencia que el gasto sea igual a cero cuando la intensidad sea igual a cero.

3.-El coeficiente de escorrentía es el mismo para todas las lluvias en una cuenca dada y para lluvias de diversas frecuencias.

4.-La relación entre máxima descarga y tamaño del área de drenaje es la misma que la variación entre duración e intensidad de precipitación.

Por las hipótesis mencionadas, se observa que el método racional no toma en cuenta ni las variaciones de intensidad de lluvia en el área durante todo el tiempo de concentración, ni tampoco el efecto de almacenamiento en la cuenca a drenar, ya que supone que la descarga es igual a la precipitación pluvial menos toda la retención de la cuenca.

La fórmula del método racional siempre sobreestima el escurrimiento, con errores apreciables al crecer el tamaño del área a drenar. De aquí que este método es sólo confiable para cuencas pequeñas (menores de 404 hectáreas).

Cuando se proyecta una alcantarilla ya sea por el método de comparación o ya sea por el método empírico, el área se obtiene directamente y por lo tanto se puede proceder a proyectar a proyectar la forma, pendiente, etc., de la alcantarilla.

Sin embargo, cuando se sigue el método de sección y pendiente, el de precipitación pluvial o el racional, lo que

se obtiene es el gasto  $Q$  que llega a la alcantarilla, y por lo tanto es necesario calcular el área hidráulica de la misma para dar paso a ese gasto.

Generalmente, al proyectar las obras de drenaje, se acostumbra proporcionar el área hidráulica de estas de manera que nunca trabajen como conducto lleno, ya que ello supone que el nivel del agua se eleva a la entrada de la alcantarilla lo que traería como consecuencia inundaciones de los terraplenes adyacentes.

Hidráulicamente las alcantarillas pueden trabajar *sin carga* o *con carga*. Las alcantarillas sin carga son aquellas que tienen salida libre, llamándose así la salida en que el agua escurre por el tubo y sale de él sin ser detenida por agua que se estanque en su extremo inferior. En aquellos casos en que el agua no tiene rápido desagüe, como cuando es obstruida por una masa de agua estancada, a la salida de la alcantarilla puede estar ahogada o semi-ahogada, existiendo la posibilidad de que el tubo trabaje forzado.

#### A.2.-PENDIENTE DE LAS ALCANTARILLAS.

Se recomienda que la pendiente de las alcantarillas sea la misma que la del lecho de la corriente. Si la pendiente de la alcantarilla es mayor, el extremo de la misma tiende a azolvarse, y por el contrario, si la pendiente es menor que la del cauce es el extremo superior el que se obstruye.

Sin embargo, cuando se trata de una alcantarilla sobre un talweg en terreno montañoso de fuerte pendiente, si se hace la alcantarilla con la pendiente del cauce resultaría que la intersección de la alcantarilla con el talud del lado de aguas abajo del terraplén, quedaría muy alejada del centro del camino provocando con ello una estructura muy larga y muy costosa.

En estos casos es preferible dar a la alcantarilla una pendiente bastante menor y construir en su salida, sobre el talud del terraplén, un lavadero o sea un canal de mampostería o de concreto por el que escurra el agua hasta llegar al terreno natural.

### A.3.- TIPOS DE ALCANTARILLA.

La elección de cual tipo de alcantarilla es la mejor depende de los siguientes factores:

- a.- Del suelo de cimentación
- b.- De las dimensiones de la alcantarilla
- c.- De la topografía del terreno
- d.- De la economía relativa de los diferentes tipos posibles y adecuados de estructura.

Dependiendo de su forma y material, las alcantarillas se clasifican en :

- 1.- Alcantarillas de tubería
- 2.- Alcantarillas de cajón
- 3.- Alcantarillas de bóveda
- 4.- Alcantarillas de losa

Si la elección de la alcantarilla se hace en base al tipo de cimentación, se puede decir que cuando la cimentación es en suelo firme y seco, cualquiera de los tipos de alcantarilla mencionados es satisfactorio.

Para suelos húmedos el tipo de cajón es probablemente el más adecuado, ya que la carga se trasmite en ellos verticalmente en direcciones bien definidas. Si en estos suelos se llega a emplear tubería de concreto, ellos deben de ir sobre una cama de material más resistente que el terreno.

En lodazales o en arenas movedizas, el tipo más adecuado es el de lámina acanalada, o el tipo de cajón con gran área de



sustentación, y de preferencia hechos en tramos que no estén unidos entre sí.

Por lo que se refiere a las dimensiones de la alcantarilla se puede decir que para claros de 0.60 m a 1.5 m el tipo de alcantarilla más usada es el de caión de concreto. Para claros de 1.5 a 6.0 m se emplean losas de concreto reforzado sobre estribos de concreto simple o de mampostería. Si el terraplén es muy alto, conviene más la bóveda de mampostería o de concreto. Para pequeñas áreas de drenaje ordinariamente se utiliza algún tipo de tubería.

Por lo que respecta a la economía, la única base racional para escoger el tipo de alcantarilla consiste en comparar, en cada caso, el costo de los distintos tipos posibles teniendo en cuenta no solo su costo inicial, sino también su duración y conservación.

A continuación se describen cada una de ellas en forma breve:

#### - ALCANTARILLAS DE TUBERIA :

Son alcantarillas de sección interior circular y requieren siempre de un espesor de terraplén o colchón mínimo de 0.60 m. para su mejor funcionamiento estructural.

El material de que están construidos puede ser : concreto reforzado, lámina ondulada y en ciertos casos puede convenir económicamente su construcción con mampostería de tercera y mortero cemento, aunque este caso está considerado en el grupo de las bóvedas.

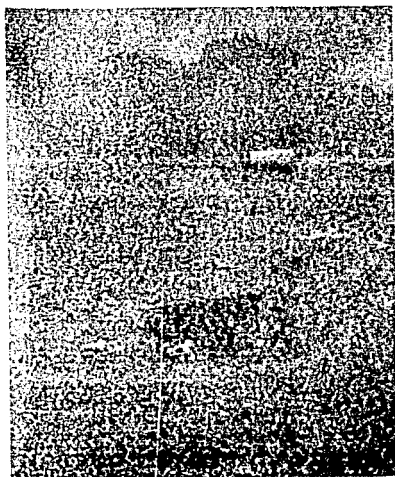
En la construcción de la Autopista Cuernavaca-Acapulco, en el tramo Chilpancingo-Tierra Colorada, los diámetros de tubería de concreto utilizados son: 0.91 m, 1.07 m, 1.22 m., y 1.52 m. Los diámetros de la tubería de lámina : 2.29 m., 2.52 m, y 5.03 m. con diferentes calibres ( 5, 8, 10 y 12 ).

Cuando se trata de tubería de concreto, esta se empieza a colocar de la parte inferior a la parte superior, colocandose tanto a la entrada como a la salida muros de cabeza (comunmente llamados cabezotes), que sirven para impedir la erosión alrededor del cañon, para guiar la corriente y para evitar que el terraplón invada el canal.

Los muros de cabeza son generalmente construidos con mampostería o de concreto, pero pueden hacerse de piedra suelta. Los de concreto son los mejores y deben preferirse hasta donde sea posible.

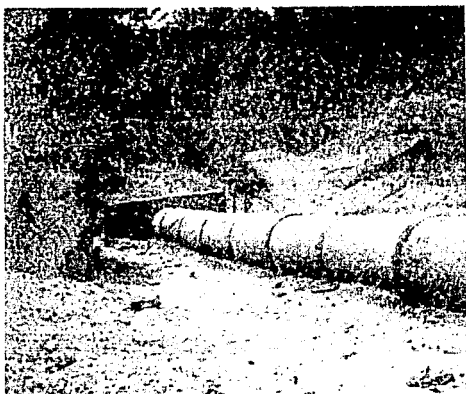
La altura de los muros de cabeza debe ser tal que se extienda más arriba de su intersección con los taludes del camino. El muro de cabeza debe prolongarse por lo menos 60 cm abajo de la plantilla, formando un dentellón que a la vez sirva de amarre y de protección contra la erosión de dicha plantilla. El dentellón superior debe hacerse más profundo que el inferior.

La longitud del muro de cabeza depende de la longitud de la alcantarilla, de la altura de la misma y del talud del terraplón, debiendo ser tal que el pie del terraplón que se llegue a derramar sea alrededor del extremo del muro de cabeza para que no invada el canal de la corriente.

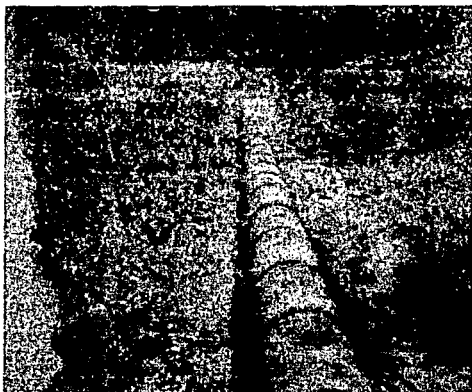


Tubería de concreto de 1.22 m de diámetro, ubicada en el km 51 + 914, del tramo Chilpancingo-Tierra Colorada, de la Autopista Cuernavaca-Acapulco.

Tubería de concreto de 0.91 m de diámetro, donde se observa el muro de cabeza inferior. Obra ubicada en el km. 63 + 605, del tramo : - Chilpancingo-Tierra Colorada



Tubería de concreto de 0.91 m de diámetro, ubicada en el km 63 + 605. Autopista Cuernavaca-Acapulco.



Tubería de concreto de 0.91 m de diámetro, donde se observa los muros de cabeza y de anclaje.

La colocación de la tubería se hace generalmente sobre una plantilla, excepto en terrenos rígidos. En terrenos donde el suelo sea muy erosionable es aconsejable que esta plantilla sea de suelo-cemento (con proporción de 1:5).

*-Consideraciones para tuberías de concreto.*

Cuando la pendiente es grande es necesario colocar en partes intermedias muros de cabeza, estos son llamados muros de anclaje.

En tuberías de concreto, salvo indicación contraria de proyecto y/o así lo ordene Secretaría (SCT), en las obras de drenaje en que se utilice tubos de concreto, estos no deberán ser menores de 75 cm.

Las juntas son del tipo macho y hembra según lo ordena SCT y proyecto de estas obras. Al colocarse los tramos de tubo deberán sellarse las juntas y, en su caso, las perforaciones para el manejo que fuesen hechas, con mortero de cemento y arena, con una proporción 1:2 o como lo indique el proyecto; esto es con el objeto de formar un ducto continuo y firme, sin filtraciones y con superficie interior lisa y uniforme.

*-Consideraciones para tuberías de lámina.*

Salvo indicaciones contrarias a proyecto y/o así lo ordene la Secretaría, no deberán emplearse tubos con diámetro menor de 75 cm. El tubo o el arco podrá formarse con una o más placas ensambladas o remachadas.

Cuando el proyecto lo marque y/o lo ordene Secretaría, la lámina galvanizada deberá tener un recubrimiento adicional para protegerla contra la erosión o contra la corrosión, este será con una capa doble de cemento asfáltico.

La excavación para este tipo de alcantarillos deberá ser hecha con las dimensiones y niveles fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría, en las cuales se tiene lo siguiente:

- 1.- El ancho de la excavación debe ser igual al ancho de la tubería más una holgura de 50 cm a cada lado, que permita la compactación especificada en normas.
- 2.- El piso de la excavación en donde se asantará el tubo, no deberá tener ni raíces, ni materia orgánica.
- 3.- Cuando el nivel de desplante fijado en el proyecto no se tenga terreno resistente, se reemplazará el material del suelo por material adecuado, y este será compactado al 90 % , hasta la profundidad y en la forma ordenadas por la Secretaría.
- 4.- Cuando existan corrientes de agua o se tengan filtraciones durante la colocación de los tubos, el agua deberá desviarse temporalmente, ya sea por medio de canales, esto con el fin de obtener una superficie de apoyo satisfactoria a juicio de la SCT.

Los tubos se armarán y troquelarán de acuerdo con lo establecido en el proyecto de la obra y/o modificaciones ordenados por la Secretaría. En los que se tiene las siguientes recomendaciones:

- 1.- Los tubos se colocarán de tal manera que, en sus traslapes transversales, el extremo del tubo que le corresponda a la parte exterior del traslape, quede hacia aguas arriba, para evitar filtraciones y obstrucciones al flujo de agua.
- 2.- Los tramos de tubo se colocarán sobre la superficie de desplante en tal forma que los traslapes longitudinales queden en los costados y nunca en la parte superior, ni en la inferior.
- 3.- Cuando se requieran bandas de acoplamiento para unir los tramos de tubo, éstas se fijarán sólidamente una vez que los tramos estén en el lugar indicado por proyecto.

Cuando la colocación de los tubos se vaya a realizar sobre terreno natural, antes de la construcción del terraplén, se procederá de la siguiente manera:

- a.- Se conformará el terreno para acondicionar la superficie de desplante que deberá estar exento de raíces, piedras saliente, oquedades y otras irregularidades, esto con el objetivo de obtener los niveles fijados en proyecto.
- b.- Una vez colocado el tubo se precede a protegerlo simultáneamente a los lados, por capas de espesores no mayores de 20 cm., para formar una sección trapezoidal con base inferior a 6 diámetros, base superior de 1 diámetro y de altura de 1 1/2 veces el diámetro del tubo.

En los tubos no deberán utilizarse secciones o placas abolladas, deformadas o con raspaduras que hayan deteriorado su

galvanizado.

Los tubos deberán anclarse solamente cuando lo fije el proyecto. También se colocarán muros de cabeza cuando así lo ordene Secretaría.



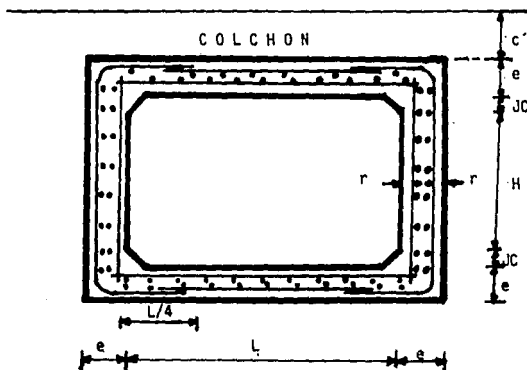
Tubería de lámina.



### ALCANTARILLAS DE CAJON. -

Son estructuras de sección rectangular con paredes, techos y pisos de concreto reforzado, cuya construcción requiere cuidados especiales. Estas trabajan en conjunto con un marco rígido que absorbe el peso propio del terraplén, la carga viva y la reacción del terreno.

Tanto las losas como los muros son esbeltos y de poco peso. El conjunto tiene una amplia superficie de sustentación.



donde :

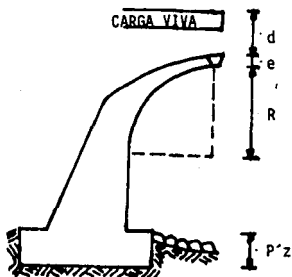
- $c''$  = espesor de relleno sobre la alcantarilla, en m.
- $e$  = espesor de losas y muros, en cm.
- $H$  = espacio libre vertical, en m.
- $L$  = espacio libre horizontal, en m.
- JC = junta de colado.
- $r$  = recubrimiento, medido desde el eje del refuerzo principal.

### ALCANTARILLAS DE BOVEDA. -

Son estructuras cuya sección transversal interior está formada por tres partes principales: el piso, dos paredes verticales que son las caras interiores de los estribos, y sobre estas un arco circular, o de medio punto o rebatado, que es el intradós de un arco estructural de sección variable con mínimo espesor en la clave.

#### CLAVE DE CONCRETO SIMPLE

$$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$$



- R = radio del intradós, en m.
- P'z = peralte de cimiento, en cm.
- e = espesor de la clave, en cm.
- d = espesor del colchón sobre la clave más la carga viva traducida, en m.

En general, las bóvedas son construidas con mampostería de tercera y mortero cemento de proporción 1:5. Para construir el arco se requiere un molde de madera mismo que se aprovecha también para colar la clave a todo lo largo de la obra. La clave de concreto simple cierra el arco en el centro, es de  $f'c$  de 100 kg/cm<sup>2</sup> con juntas radiales y debe tener un ancho medio mínimo de 35 cm.

Las piedras del arco tendrán hasta donde sea posible, juntas radiales con cuatrapeo longitudinal y su mayor dimensión estará

del lado del extradós. Cuando se use cemento normal, el descimbrado se deberá hacer a los catorce días de colada la clave, tiempo a partir del que se puede empezar a construir el terraplén.

El cambeado del piso y los dentellones aguas arriba y abajo que protegen el suelo contra la erosión, puede omitirse en terrenos rocosos. Para eliminar el empuje hidrostático sobre los muros, se coloca en el respaldo de cada estribo una capa de 30 cm. de espesor de material. Esto es comunmente conocido como muro seco.

La obtención de la curva granulométrica se efectuará en el laboratorio, o bien, visualmente en el campo mediante la observación directa de una muestra representativa, esta capa deberá dar salida al agua a través de drenes inclinados, de tubos de concreto de 10 a 25 cm de diámetro, colocados aproximadamente cada 3 m en el cuerpo del muro. En el contacto del tubo con el material graduado deberá ponerse piedra quebrada, para evitar el arrastre de dicho material.



Bóveda prefabricada, ubicada en el km 8 + 200, de la Autopista Cuernavaca-Acapulco, Subtramo : Cuernavaca-Puente de Ixtla.

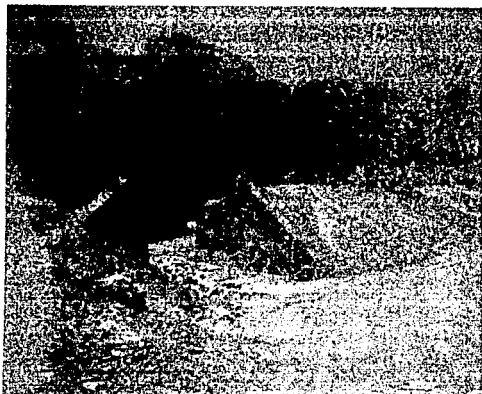
#### **ALCANTARILLAS DE LOSAS SOBRE ESTRIBOS.**

Son estructuras formadas por dos muros de mampostería de tercera con mortero de cemento 1:5 , sobre los que se apoya una losa de concreto reforzado. Cuando la resistencia del terreno sea baja se usarán estribos mixtos con el muro de mampostería y el cimiento de concreto.

El descimbrado de las losas se hará a los 21 días, mientras que la formación del terraplén, el zampeado del piso y la construcción de dentellones, cuando el piso es de suelo erosionable y, finalmente, la eliminación del empuje hidrostático en el respaldo se resolverá de la misma manera que en las bóvedas, es decir, colocando en el respaldo de cada estribo una capa de 30 cm de espesor de material graduado.

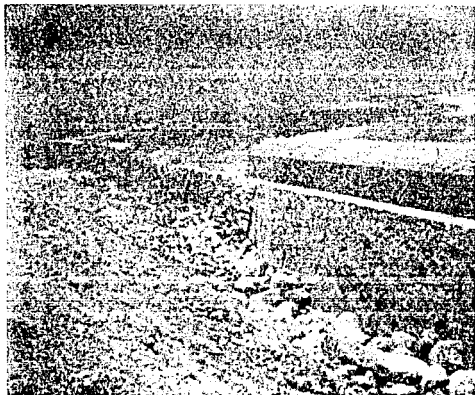


Losa ubicada en el km 21 + 600. de la Autopista Cuernavaca-Acapulco, Subtramo : Cuernavaca-Puente de Ixtla.



Losa para paso vehicular superior, ubicada en el km. - 61 + 352. Subtramo : Chilpan-go-Tierra Colorada. Autopista Cuernavaca-Acapulco.

En la fotografia se observa la colocación de piedra para el muro seco. Obra ubicada en el km 61 + 352.



#### A.4. LONGITUD DE LAS ALCANTARILLAS.

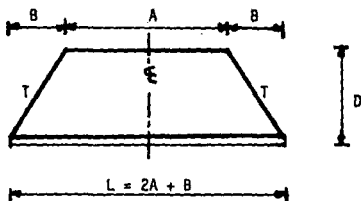
En las alcantarillas su longitud esta en función del ancho de la corona del camino, de la altura del terraplén, del talud mismo y del ángulo de esviajamiento. El cañon de la alcantarilla debe ser lo suficientemente largo para que no exista el riesgo de obstruirse en sus extremos con material del terraplén que se deslave durante los días de lluvia.

La mejor manera de determinar la longitud de una alcantarilla es haciendo un levantamiento a detalle del perfil del terreno según el eje de la obra y dibujarlo en papel milimétrico. Sobre este perfil se acomoda la línea que marca la plantilla de la alcantarilla quedando determinada la pendiente de la misma. Se dibuja la sección del camino con el espesor y taludes que le corresponden en esa estación.

Una vez hecho el dibujo, el cálculo de la longitud de la alcantarilla, cuando este a ángulo recto con el eje del camino se puede efectuar utilizando el siguiente método:

Si la longitud no es perpendicular a la línea del centro, se debe multiplicar esa longitud (  $L$  ) por la secante del ángulo de esviaje.

Ejemplo 1



$$A = 10 \text{ m}$$

$$T = 1.5 : 1$$

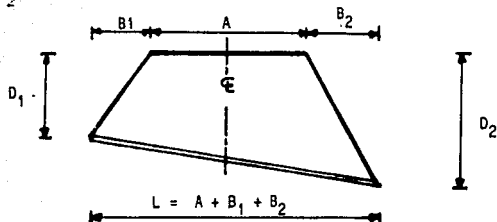
$$B = 1.5 D$$

$$D = 3 \text{ m}$$

$$L = 10 + 2 (1.5 \times 3)$$

$$L = 19 \text{ m}$$

### Ejemplo 2



$$A = 10 \text{ m}$$

$$T = 1.5 : 1$$

$$D_1 = 3 \text{ m.}$$

$$D_2 = 4 \text{ m}$$

$$B_1 = 1.5 D_1$$

$$B_2 = 1.5 D_2$$

$$L = 10 + (1.5 \times 3) + (1.5 \times 4)$$

$$L = 20.5 \text{ m}$$

Se puede considerar que  $L = 21 \text{ m}$

- Cuando no se tienen los datos suficientes para formar el perfil del terreno, la longitud de la alcantarilla puede obtenerse añadiendo al ancho de la corona dos veces el producto del talud por la altura del terraplén (hasta el piso de la alcantarilla en el centro del camino). Sin embargo, cuando la alcantarilla tiene una pendiente de 5 % o más, y en especial en terraplenes altos, es necesario hacer el cálculo como se mencionó en el inciso anterior, ya que el



eje de la carretera no divide a la alcantarilla en dos partes iguales.

Cuando la alcantarilla lleva muros de cabeza, las alturas se medirán a la clave de la alcantarilla y no a la plantilla.

Para contener el material de los taludes del terraplén, de tal forma que al derramarse no obstruya la obra, a la entrada y salida de ella, se construyen muros de contención; para tubos, se acostumbra colocar muros de cabeza que son paralelos al eje del camino; en otro tipo de alcantarillas como losas, bóvedas, se acostumbra colocar aleros, cuyo eje de coronamiento hace un ángulo de  $30^\circ$  con respecto al eje del cauce; la función de estos aleros, además de contener el material del talud, es, encauzar el agua a la entrada y a la salida de la obra.

El talud del coronamiento debe ser el del talud esviado del terraplén, que corresponde a  $T = 1.5:1$  cuando el esviajamiento de la corriente es de  $30^\circ$

La longitud de los aleros o de los muros de cabeza, que también se denominan aleros transversales, debe ser tal, que el derrame del material quede fuera de ellos no obstruya el cauce de la corriente.

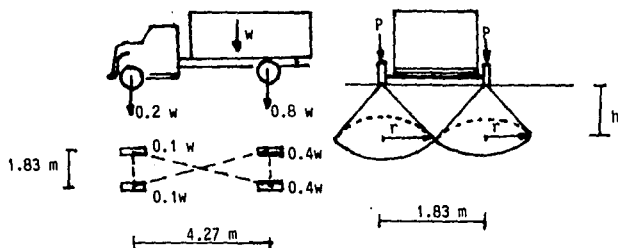
### A.5. CARGAS VIVAS SOBRE LAS ALCANTARILLAS.

Las alcantarillas son estructuras en las cuales actúan, además del peso del suelo que sobre ellas gravita, cargas vivas debidas ya sea al equipo de construcción antes de que la alcantarilla se encuentre debidamente protegida, o debido a los vehículos al estar la carretera en uso.

Dichas cargas vivas pueden ser móviles o estáticas. En el primer caso producen impacto, en el segundo vibraciones.

El efecto de las cargas vivas sobre las alcantarillas es variable, pues depende de la velocidad de la carga, del tipo de neumático y del poder de absorción de dicho efecto, del tipo de suelo de la subrasante, del área sobre la cual gravita la carga, de la altura del punto de aplicación de la carga sobre la alcantarilla, etc. El efecto de la carga viva y del impacto no son de mucha consideración si la alcantarilla no se encuentra muy cerca de la subrasante.

Procederemos a analizar la acción de la carga viva de un camión H-15 sobre una terracería. Se sabe que las cargas por rueda se distribuyen de la siguiente manera:



Se supondrá que la carga de la rueda se transmitirá al suelo a 45° o sea formando un cono cuyo ángulo en el vértice es de 90° como en la figura anterior.

De la figura se tiene:

$$P = \text{Carga de la rueda} = 0.4 w$$

$$A = \text{Area de la base del cono de transmisión de esfuerzos}$$

$$h = \text{Profundidad del cono de transmisión de esfuerzos}$$

El esfuerzo será:

$$S = \frac{P}{A}$$

$$r = h = \frac{1.83}{2} = 0.915 \text{ m}$$

La carga H-15 = 13 600 kg.

$$P = 0.4 w = 0.4 ( 13 600 ) = 5 440 \text{ kg}$$

Por lo tanto, el esfuerzo cuando los conos se unen:

$$S = \frac{P}{A} = \frac{5440}{3.14 \times r^2} = \frac{5440}{3.14 \times (h)^2}$$

Se realizará una tabla en donde se obtendrán los esfuerzos en función de  $h$  y de la carga viva. Se supondrá que :

$h$  = altura del terraplén, en metros.

$S$  = Esfuerzo proporcionado por la carga viva ( kg/cm )

$h'$  = Carga traducida a altura del terraplén, en metros igual  $S/\gamma$

$d$  = Altura del terraplén más carga viva traducida a altura del terraplén. (  $d = h + h'$  )

Si suponemos que  $h = 0.50$  m, se tendrá:

$$S = \frac{P}{A} = \frac{5\,440}{3.14 (1.5)^2} = 6950 \text{ kg/cm}^2$$

Conocido el esfuerzo,  $S$ , se calcula  $h'$ , de la siguiente forma:

$$h' = \frac{S}{\gamma} = \frac{6950}{1400} = 4.95 \text{ m.}$$

Sumando  $h$  y  $h'$

$$d = h + h' = 0.50 + 4.95 = 5.45 \text{ m}$$

Por otra parte, si los conos se tocan a la profundidad de  $1.83/2$  (  $0.915$  ), quiere decir que de ahí en adelante los conos de presión se encimarán por lo que los esfuerzos serán dobles.

Por lo que a  $0.915$  se tiene:

$$h = 0.915 \text{ m}$$

$$S = \frac{P}{A} = \frac{5\,440}{3.14 (0.915)^2} = 2.075 \text{ kg/m}^2$$

$$h' = \frac{S}{\gamma} = \frac{2075}{1400} = 1.40 \text{ m}$$

$$d = h + h' = 0.915 + 1.48 = 2.395 \text{ m}$$

para una profundidad de  $1$  m

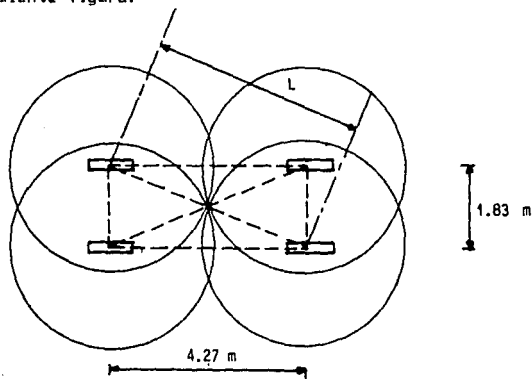
$$h = 1 \text{ m}$$

$$S = 2 \frac{P}{A} = 2 \frac{5\,440}{3.14 (1)^2} = 3,480 \text{ kg/m}^2$$

$$h' = \frac{S}{\gamma} = \frac{3,480}{1,400} = 2.48 \text{ m}$$

$$d = h + h' = 1.0 + 2.48 = 3.48 \text{ m}$$

Según estudios realizados hay que multiplicar por 2 el esfuerzo a partir de  $h = 0.915$  , pero el esfuerzo solo se duplica ( o se considera doble ) hasta la mitad de la longitud  $L$  de la siguiente figura.



Las cargas se transmiten según los círculos marcados en la figura anterior, por lo tanto:

$$L = \sqrt{(1.83)^2 + (4.27)^2} = 4.65 \text{ m}$$

$$\frac{L}{2} = 2.33 \text{ m}$$

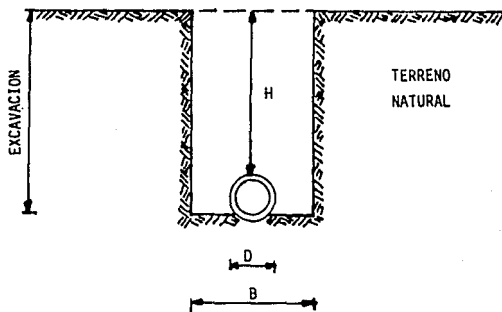
Lo que quiere decir que hasta 2.33 m se debe multiplicar por 2, en adelante no.

#### A.6.- CARGAS MUERTAS SOBRE LAS ALCANTARILLAS.

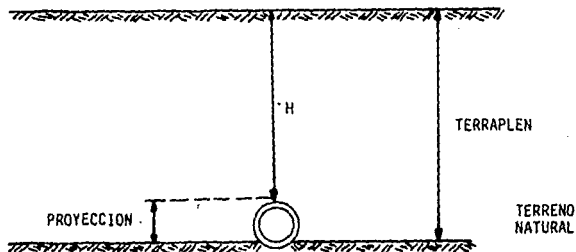
Las cargas a las cuales las alcantarillas enterradas quedan sometidas al estar en servicio, pueden determinarse utilizando la teoría de cargas del Dr. Anson Marston. Para el propósito de esta determinación, los conductos enterrados son divididos en dos aspectos:

- Conductos en zanja
- Conductos en proyección {
  - proyección positiva
  - proyección negativa

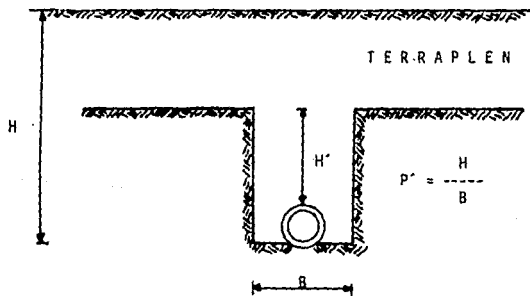
Los conductos en zanja son definidos como aquellos que son instalados en una zanja *relativamente angosta*, la cual es excavada y posteriormente rellena. Cuando la zanja tenga un ancho mayor a dos veces el diámetro del tubo, se considera como proyección positiva.



Un conducto en *proyección positiva* es el que queda instalado en una cama poca profunda con su parte superior sobre la superficie natural del terreno y que luego es cubierta con el terraplén.



Un conducto en *proyección negativa* es aquel que es instalado en angostura y realmente poco profunda la zanja con su parte superior a una elevación  $H'$ , abajo de la superficie del terreno natural, que luego es rellena con un terraplén.



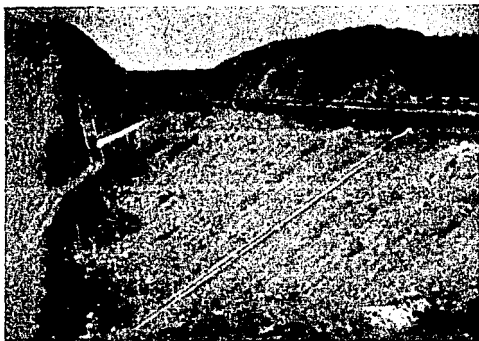
Si un conducto se coloca sencillamente apoyado en el terreno natural se proyectará en 10 % . si se entierra hasta la mitad de su diámetro se proyectará en 50 % . si se entierra en un 30 % de su diámetro se proyectará en un 70 % .



## B.- LAVADEROS O VERTEDORES.

El desfogue de una corriente de agua, como en el caso de una alcantarilla de alivio, puede hacerse con un lavadero o vertedor, el cual no es más que una cubierta o delantal de mampostería de concreto, de piedra acomodada o de lámina, por donde se encauca el agua de los taludes o terrapienes, o en un terreno muy erosionable, para conducirla a lugares donde la erosión no pueda llegar a afectar la carretera de forma alguna.

Cuando los lavaderos se construyen en terrenos inclinados, es necesario anclarlos con dentellones para evitar que puedan resbalar. Las dimensiones y forma de los lavaderos quedan totalmente a criterio del ingeniero encargado de las obras de drenaje.



En la fotografía se observa un lavadero de lámina acanalada y otro de concreto, junto con una contracuneta. Estas obras se localizan en el km 234 + 000, de la Autopista Cuernavaca-Acapulco.

### C.- V A D O S.

Estos se construyen en lugares pocos lluviosos, donde existen hondonadas por las que llega a escurrir agua solamente en raras ocasiones o que se tiene un pequeño tirante permanente, de tal forma que no ameritan la construcción de una alcantarilla. Los vados son construidos generalmente en caminos rurales y no en carreteras de alta velocidad ( llámese autopistas ), por tal motivo se describen de manera muy general.

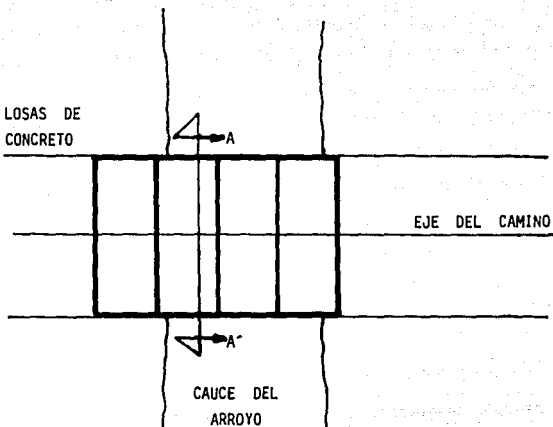
El vado consiste en la pavimentación del camino con concreto en forma tal que no sea perjudicado por el paso eventual de una corriente, y en lugares bastante visibles se debe indicar el tirante de agua para que los conductores de los vehículos decidan a su juicio si pueden pasar o no.

Un vado bien construido debe cumplir con las siguientes condiciones:

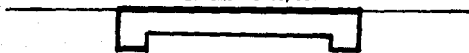
- a.- La superficie de rodamiento no se debe erosionar al pasar el agua.
- b.- Debe evitarse la erosión y socavación aguas arriba y aguas abajo.
- c.- Debe facilitar el escurrimiento para evitar regímenes turbulentos.
- d.- Deben existir señales visibles que indiquen cuando no debe pasarse porque el tirante del agua sea demasiado alto y peligroso.

V A D O

LOSAS DE  
CONCRETO



23 cm. de espesor

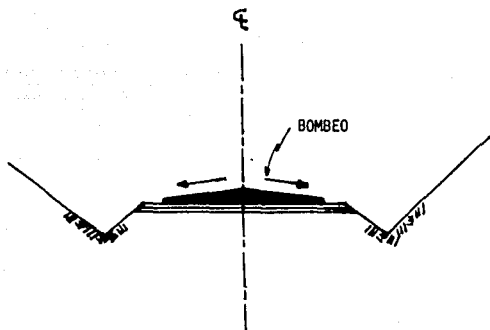


CORTE A=A'

#### D.- BOMBEO.

Se conoce como bombeo de una carretera a la pendiente transversal que se les da a estas, con finalidad de drenar el agua que cae directamente sobre ellas hacia los lados.

El bombeo a utilizarse esta en función del tipo de superficie, de la facilidad de circulación de los vehículos. Generalmente se acostumbra utilizar un bombeo del 2 % en las carreteras asfaltadas y de un 1.5 % en las que son de concreto hidráulico.



## E. - P U E N T E S .

Esta parte se tratará de una manera superficial, ya que un estudio detallado de los puentes conduciría a realizar otro trabajo de tesis.

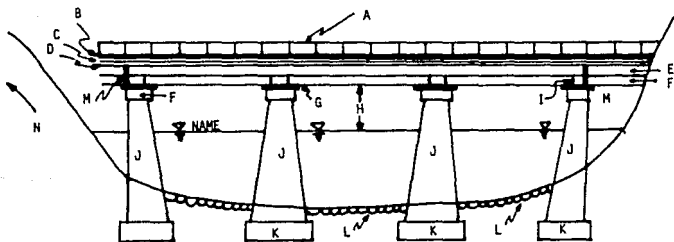
Los puentes en las carreteras llevan el tránsito de vehículos y peatones por encima de grandes corrientes de agua. En la práctica, el diseño de los puentes se considerará como una función distinta y generalmente realizan estas obras constructoras especializadas en este tipo de obras. Por ejemplo, en la construcción de la Autopista Cuernavaca-Acapulco, son tres las constructoras que tienen el compromiso de construir la carretera ( TRIBASA, ICA y GRUPO MEXICANO DE DESARROLLO ), sin embargo hay una constructora que se encarga únicamente de la construcción de los puentes ( CIESA ).

Se tiene como definición de puente a la estructura de una vía de comunicación, que sirve para salvar un curso de agua, una depresión del terreno u otra vía de comunicación. Por curso de agua ( que son las que en este momento nos interesa ) entenderemos cualquier arroyo, río, pantano, lago, etc.

Los puentes pueden construirse con materiales muy diversos tales como: madera labrada, mampostería, concreto armado, fierro estructural y cable metálicos.

Las partes principales de un puente son:

- a.- La Super-estructura
- b.- La Sub-estructura
- c.- La infra-estructura
- d.- Elementos de protección
  - Parapetos
  - Terrapienes de acceso
  - Zampeados



donde :

A = parapeto  
 B = pavimento ( 5 cm )  
 C = revestimiento definitivo  
 ( 20 cm )  
 D = sub-base ( 20 cm )  
 E = vigueta  
 F = losa de concreto  
 G = placa de apoyo  
 H = espacio libre

I = perno  
 J = estribo  
 K = cimiento  
 L = zampeado  
 M = diafragma  
 N = terrapienes de acceso

La Super-estructura es la parte de la estructura destinada a transmitir las cargas ( muertas y vivas ) a los apoyos.

La Sub-estructura son los apoyos en sí, y se encarga de transmitir las cargas de dichos apoyos a la infraestructura. Cada apoyo se compone de tres partes: corona, cuerpo y cimiento.

La Infra-estructura es la que lleva las cargas al suelo de cimentación.

A continuación definiremos algunos términos comunes en la construcción de puentes:

**Pernos de Anclaje :** son los que unen a la sub-estructura con la infraestructura.

**Claro :** es la distancia entre dos pernos de anclaje.

**Luz :** es la distancia de paramento a paramento.

**Pavimento :** constituye la superficie de rodamiento; generalmente se construye de mezclas asfálticas.

**Sub-bases :** se hacen de gravas, tepetates, areniscas, etc.

**Zampeados :** no son propiamente mamposterías, se forman con piedras de 30 a 40 cm de tamaño, unidas con morteros de bajas proporciones. El zampeado tiene el objeto de evitar la socavación y generalmente lleva un dentellón hacia el lado de aguas arriba.

**Parapetos:** sirven de protección, tanto para los vehículos como para los peatones.

**Diafragma :** contiene la terracería y sirve a vez como contraventeo.

Guarnición : son pequeños escalones que evitan la salida de vehículos, miden aproximadamente 30 cm de alto por 50 cm de ancho. Deben colarse monolíticamente con la losa.

Para la realización de un proyecto de un puente, es indispensable realizar los siguientes estudios de campo :

- Estudios Topográficos
- Estudios hidráulicos
- Estudios Geotécnicos
- Estudios Económicos

#### ***Estudios Topográficos.***

Cuando se presenta un informe de los estudios topográficos realizados, este debe contener : el nombre del río o barranca, camino correspondiente, tramo de la carretera en el que se localiza, además de lo anterior es necesario contar con los siguientes datos :

- 1.- Plano en planta a escala 1:200 (por norma), donde se muestre el eje de la carretera, las curvas de nivel, la dirección del cauce.
- 2.- Angulo que forma la carretera con el eje del camino.
- 3.- Elevación y descripción del banco de nivel más próximo.
- 4.- Elevación de la subrasante que resulte más apropiada.
- 5.- Planos de localización que correspondan a un kilómetro a cada lado de la obra.
- 6.- Importe de la indemnizaciones que tendrán que realizarse al llevar a cabo la obra.



### Estudios Hidráulicos.

Los datos más importantes que debe contener un informe de los estudios hidráulicos son:

- 1.- La sección en el cruce y dos secciones auxiliares aguas arriba y aguas abajo a escala 1:200 considerando: el nivel de aguas mínimas, nivel de aguas máximas ordinarias ( NAMO ), nivel de aguas máximas extraordinarias ( NAME ) y la pendiente del fondo del cauce.
- 2.- El coeficiente de rugosidad del cauce.
- 3.- Frecuencia y duración de las crecientes máximas extraordinarias, la época del año en que estas ocurren y el volumen aproximado del material de arrastre.
- 4.- Si el cauce es estable o divagante o si tiene tendencias a divagar.
- 5.- Si la corriente es depostia o socava.
- 6.- Si el remanso afectará propiedades vecinas.
- 7.- El claro mínimo de los tramos y el espacio libre vertical para el paso de los cuerpos flotantes.
- 8.- En caso de que existan puentes construidos aguas arriba o aguas abajo próximos al cauce, datos de estos tales como: longitud, altura de la subrasante sobre el fondo, área hidráulica, si el puente es suficiente o no.

### **Estudios Geotécnicos**

Los datos necesarios en un informe geotécnico son:

- 1.- Características del corte, indicando los materiales del subsuelo y el nivel de las aguas freáticas.
- 2.- Características generales de los materiales que forman el fondo y las márgenes de la corriente.
- 3.- La carga admisible aproximada que puede soportar cada estrato del subsuelo.

### **Estudios Comerciales.**

Los datos recabados en la realización de los estudios, comerciales son muy importantes, pues estos influyen en el costo de la obra. Los principales datos son :

- 1.- Jornales medios en la región para diferentes categorías
- 2.- Costos de los diversos materiales en el lugar donde va a construirse la obra.
- 3.- Cubicación de los diferentes bancos de material a utilizar.
- 4.- Vía(s) de comunicación más próxima.
- 5.- Clima dominante en la región.
- 6.- Enfermedades comunes en la región.

#### - CALCULO DEL AREA HIDRAULICA.

En el cálculo del área hidráulica de los puentes, generalmente se utiliza el método de sección y pendiente, haciendo uso de la fórmula de Manning. Dicho método sólo es aplicable en cauces bien definidos, donde existan huellas provocadas por las crecientes máximas.

Es indispensable que se conozcan las dimensiones de las secciones de escurrimiento y la pendiente del arroyo, también se debe conocer el coeficiente de rugosidad del cauce ( este debe ser proporcionado en el informe de estudios hidrológicos ).

Para poder realizar el cálculo del gasto máximo de una corriente ( de agua ), se necesita conocer el área hidráulica de diferentes secciones del arroyo y la velocidad media en cada una de ellas, para lo cual se aplica la fórmula :

$$Q = A * V$$

donde :

A = Sección hidráulica, en m<sup>2</sup>

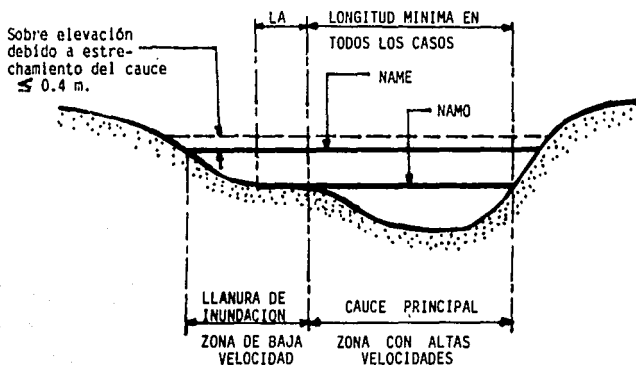
V = Velocidad de la corriente, en m/s

Q = Gasto, en m<sup>3</sup>/s

- CRITERIOS PARA DETERMINAR LA LONGITUD DEL PUENTE.

La determinación de la longitud total del puente requiere de un estudio complejo del funcionamiento hidráulico del río, con datos debidamente aquilatados respecto a la magnitud y a la frecuencia de sus crecientes, a la distribución del gasto y de las velocidades en el cauce, a la velocidad que pueda producir socavaciones y a la estabilidad del cauce.

Cuando se presenten casos como : cauces bien definidos, llanuras de inundación sin importancia, cimentación a salvo de socavación, se podrá fijar la longitud del puente cubriendo solamente el cauce principal.



LA = Longitud adicional, de acuerdo con la fracción del gasto total que escurre en la llanura de inundación, y con la seguridad de la subterránea contra la socavación.

#### - CRITERIOS PARA FIJAR EL ESPACIO LIBRE VERTICAL.

Se deberá considerar:

- 1.- La altura sobre el agua que puedan tener los cuerpos flotantes durante las avenidas.
- 2.- El grado de incertidumbre que pueda haber en el nivel de aguas máximas extraordinarias.
- 3.- En el caso de puentes importantes, es justificable dar espacio libres mayores que los mínimos indispensables.
- 4.- Los requisitos de navegación que se puedan observar.

#### - RECOMENDACIONES SOBRE LA PROFUNDIDAD DE DESPLANTE.

La causa más común de las fallas en los puentes es la socavación.

Razón por lo cual, es de suma importancia que la profundidad de desplante se fije con criterio conservador, para asegurar que el puente quede a salvo de este fenómeno.

La inversión que se haga para profundizar los desplantes contribuye más a la seguridad de la estructura, que esa misma erogación aplicada a aumentar la longitud o la altura del puente.

Es indispensable conocer la naturaleza del subsuelo para fijar la profundidad del desplante conveniente.

- ESFUERZOS ADMISIBLES EN LA CIMENTACION.

En todos los casos se hace indispensable conocer la naturaleza del subsuelo, esto puede ser por medio de :

- Fozos a cielo abierto
- Exploraciones con sondeadora
- Exploraciones con pulseta
- Exploraciones con posteadora

Quando no se cuenta con estudios de mecánica de suelos completos, para juzgar el esfuerzo de contacto admisible en el terreno en el que se debe desplantar la subestructura de un puente, se podrá usar como orientación de criterio al respecto, los valores de la siguiente tabla ( realizada por SAHOP ) .

T E R R E N O	ESFUERZO ADMISIBLE ( kg/cm <sup>2</sup> )	
	Mínimo	Máximo
Suelos aluviales	0.5	1
Arcillas	1	4
Arena confinada	1	4
Grava	2	4
Arenas o Grava cementada	5	10
Roca	5	--

## - CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL.

Los puentes deben ser diseñados para soportar las siguientes cargas:

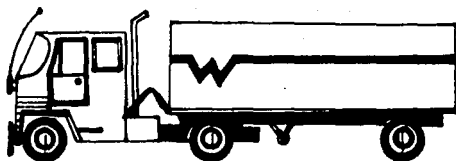
- 1.- Cargas muertas
- 2.- Cargas vivas
- 3.- Efectos dinámicos
- 4.- Fuerzas laterales
- 5.- Otras fuerzas como : fuerzas longitudinales, -  
centrífugas.

### 1.- Cargas muertas.

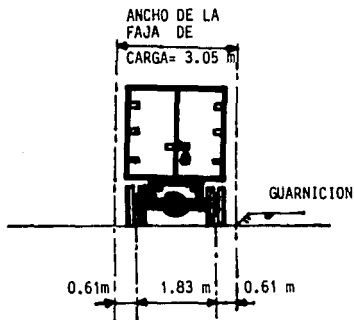
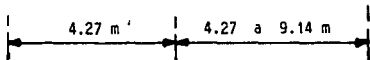
Se conoce como carga muerta al peso propio de la estructura,, el cual puede conocerse según el tipo y magnitud de la estructura.

### 2.- Cargas vivas.

Las cargas vivas son las del peso propio de los vehículos que transitarán por el puente. En el diseño de puentes tipo para carreteras se han adoptado especificaciones de carga utilizadas por la A.A.S.H.T.O. ( American Association State Highway and Transportation Officials ), y estas son las HS-15 y HS-20; donde las cargas HS corresponden a un camión-tractor de dos ejes con un semiremolque ( trailer ), los números que se colocan a continuación de la H y S representan el peso bruto, en toneladas del sistema inglés.



HS-15	2.72 t	10.89 t	10.89 t
HS-20	3.63 t	14.52 t	14.52 t





### 3.- Efectos dinámicos o de impacto sobre la carga viva.

Los esfuerzos provocados por las cargas vivas, deben incrementarse debido a efectos dinámicos vibratorios y de impacto.

Dicho incremento es expresado como una fracción del esfuerzo debido a la carga viva, y es determinado con la siguiente fórmula :

$$I = \frac{15}{L + 38}$$

donde:

I = Incremento en los esfuerzos debidos a la carga viva

L = Longitud cargada en metros.

El valor máximo de impacto es de 0.30

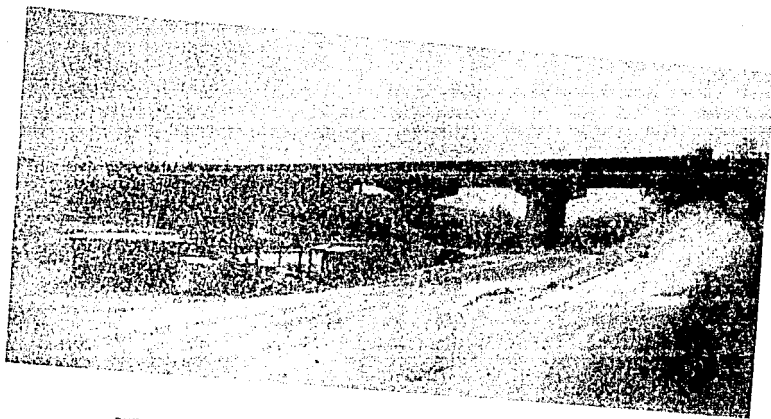
### 4.- Fuerzas laterales.

Se considerará lo siguiente :

- a.- La fuerza del viento en la estructura
- b.- Las fuerzas laterales debidas a las cargas vivas móviles y la fuerza del viento contra esta carga.
- c.- La fuerza total del viento no debe ser menor de 4.458 kg/cm en la cara expuesta al viento y de 2.229 kg/cm en la cara posterior o en las vigas que sigan a la de enfrente

5.- Fuerzas longitudinales.

Una fuerza longitudinal es considerada como el 10 % de la carga viva, actuando a 1.20 m arriba del piso como una fuerza de frenado.



PUENTE DE LA AUTOPISTA CUERNAVACA-ACAPULCO,  
IRAMO CUERNAVACA-PUENTE DE IXTLA.

## C A P I T U L O    I V

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

#### IV.- DRENAJE SUBTERRANEO.

El agua subterránea es la que se localiza en las partículas de suelo o en cavidades, fracturas y fallas de las rocas; esta puede llegar a formar corrientes subterráneas.

Cuando se tienen flujos de agua por la línea donde va a cruzar la carretera, la estabilidad de los cortes, terraplenes y pavimentos de esta se verán fuertemente influidos por los flujos de agua existentes. Por lo que se han desarrollado métodos para controlarlos, es decir, reduciendo a un mínimo sus efectos perjudiciales.

Existirán condiciones críticas en las zonas que se adnen una alta precipitación pluvial con características pobres en cuanto, resistencia y deformabilidad de los suelos que formen las terracerías de la obra vial y su terreno de cimentación.

El ingeniero debe controlar y eliminar el agua subterránea, construyendo obras de conducción y captación, impidiendo que erosione o provoque presiones indeseables. Las obras que se construyen para este fin, en general son costosas, pero si se hace una evaluación del costo que tendrá su mantenimiento si no se construyen, estas obras serán plenamente justificadas.

Cada lugar que requiera drenaje subterráneo, o también conocido como *subdrenaje*, será un problema particular o propio de dicho lugar, por tal motivo deben aplicarse los principios de ingeniería para su solución adecuada. Al drenaje subterráneo debe dársele la importancia necesaria, ya que de él depende gran parte de la seguridad y estabilidad de la carretera.

Cuando se realiza un corte donde existe flujo interno de agua en una ladera, el agua siempre tenderá a aflorar por el talud del corte, una vez que este se realice. El talud formado representará una frontera de esfuerzos exteriores nulos en la masa de suelo, esto es debido a la descarga producida en el terreno natural y ésta produce la disminución de los esfuerzos normales y el aumento de los tangenciales en el terreno situado tras el talud del corte.

En el diseño de un sistema de subdrenaje de una carretera para un caso particular, es indispensable realizar una precisa exploración geológica, aún cuando se crea conocer el tipo de suelo en la zona. Estas zonas serán a su vez estudiadas por especialistas en mecánica de suelos, que pueden ser personal de laboratorio de obra contratado por la constructora que realice la construcción de la carretera, o bien por personal de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte ( SCT ). Lo anterior debe hacerse en las diferentes etapas de la obra : proyecto, ejecución y mantenimiento, a fin de revisar y corregir deficiencias que pudieran haberse manifestado.

El diseño de una obra de drenaje subterráneo en carreteras, no puede seguir normas fijas predeterminadas y se apoya más en la práctica y la experiencia, que en estudios amplios y detallados. Esto no quiere decir que no se realicen estudios cuando sean realmente necesarios y se tenga la facilidad de llevarlos a cabo.

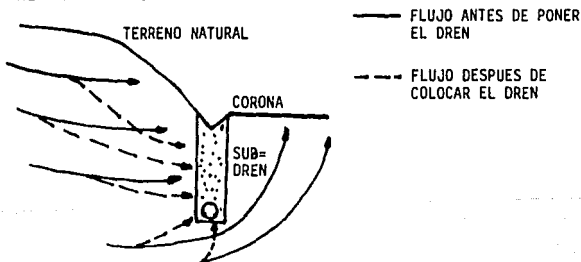
Existen varias maneras de controlar las condiciones de flujo del agua en terracerías para mejorar las condiciones de estabilidad en cortes y terraplenes, estas son :

- 1.- Subdrenes de zanja
- 2.- Construcción de capa permeable
- 3.- Trincheras estabilizadoras
- 4.- Drenes transversales de penetración
- 5.- Pozos de alivio
- 6.- Galerías filtrantes

Procederemos a describir cada una ellas de manera breve.

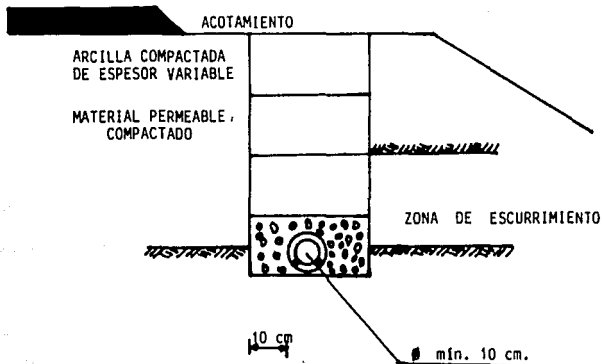
#### - SUBDRENES DE ZANJA.

Este tipo de subdren consiste en la construcción de una zanja de poca profundidad, provista de un tubo perforado en el fondo, posteriormente se procede a rellenar con material filtrante; el agua colectada es desalojada por el tubo de gravedad hacia alguna cañada cercana, la cual tenga una descarga inofensiva a la obra.

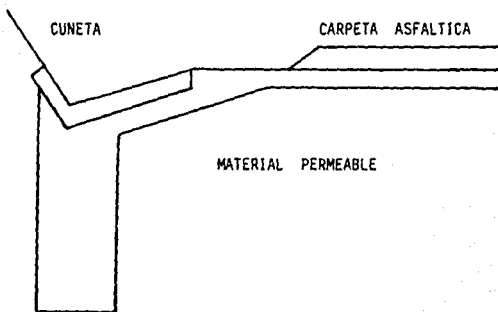


El tubo generalmente es colocado sobre una plantilla de material permeable con un espesor de 10 a 15 cm. El diámetro del tubo perforado es de 15 cm.

Las zanjas son construidas paralelamente a la carretera en los acotamientos o al pie de los cortes ( si los hay ); es frecuente su ubicación bajo las cunetas impermeabilizadas.



Cuando se tiene un flujo importante y una carretera ancha, no se puede interceptar el flujo que aflora por la corona de la carretera, se puede hacer zanja de una profundidad razonable. Cuando no sea posible interceptar el flujo con una zanja más profunda, se tendrá que hacer subdrenes similares pero construidos transversales al eje de la carretera; otra manera es la de colocar una capa permeable bajo el pavimento, como sub-base del mismo.



**- CONSTRUCCION DE UNA CAPA PERMEABLE.**

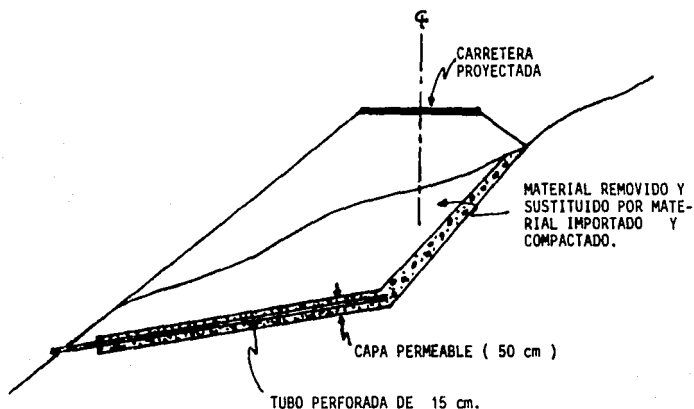
Cuando existe una capa saturada de suelo de mala calidad de espesor pequeño ( no mayor de 5 m ) sobre una capa de material de mejor calidad, puede removerse totalmente el suelo malo en una faja bajo la carretera por construir y en un ancho adecuado.

El material de la excavación podrá ser sustituido por una capa de 0.5 a 1.0 m de material permeable, que actúe como subdren de la zona. Esta capa deberá tener tubería perforada, captación y desfogue del agua que llegue a la zona.

Después de la excavación se procederá a rellenar con material de buenas características debidamente compactado, sobre este podrá construirse el terraplén.



## REMOCIÓN DE MATERIAL BLANDO Y COLOCACIÓN DE UNA CAPA PERMEABLE BAJO TERRAPLENES



La capa drenante evita que el nuevo material colocado y el terraplén del camino sufran los efectos adversos del agua.

Este tipo de obra está limitada su construcción, pues depende del espesor de material a remover, ya que esto influye directamente en el aspecto económico de la obra.

## - TRINCHERAS ESTABILIZADORAS.

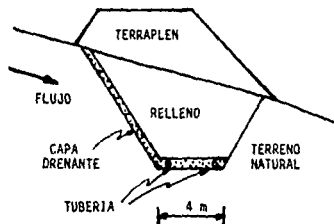
Una trinchera estabilizadora es una excavación dotada en su talud aguas arriba de una capa drenante, con un espesor variable ( de 0.50 a 1.0 m ) de material de filtro y un sistema de recolección y eliminación de agua en su fondo, que consiste de material de filtro del mismo espesor, dentro del cual hay una tubería perforada (generalmente de 15 a 20 cm de diámetro) que sirve para conducir rápidamente el agua captada. Esta última debe conectarse a una tubería de desfogue que conduzca el agua hasta donde no provoque daños.

El fondo de la trinchera debe tener el ancho suficiente para que permita las maniobras del equipo de construcción, este ancho mínimo es de 4 m.

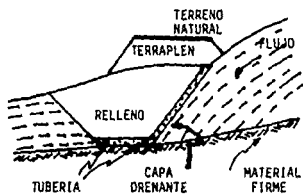
El material de relleno de la trinchera debe ser de buena calidad, generalmente proveniente de algún banco de préstamo cercano a la obra, y debe colocarse con apropiada compactación por capas.

Por la sustitución del material malo y por su función drenante, se puede decir que la trinchera estabilizadora tiene una función doble. El subdrenaje proporciona mejoras a las características mecánicas del suelo ladera abajo al cortar físicamente el flujo y también las mejora ladera arriba, abatiendo las presiones en el agua en una importante zona de afluencia.

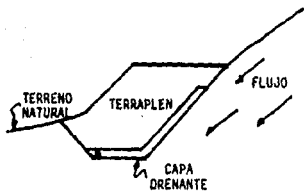
A.- TRINCHERA BAJO TERRAPLEN



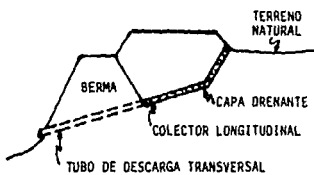
B.- TRINCHERA LLEVADA HASTA UN ESTRATO FIRME COMBINANDO DRENAJE Y APOYO



C.- TRINCHERA INTEGRADA AL TERRAPLEN



D.- TRINCHERA CON BERMA LATERAL



## - DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION.

Los drenes transversales de penetración, denominados drenes horizontales, no son más que tuberías perforadas que penetran en el terreno natural en dirección transversal al eje de la carretera para captar las aguas internas y para abatir las presiones neutrales.

Su construcción se realiza efectuando primeramente una perforación de 7.5 a 10 cm de diámetro ( con maquinaria apropiada para esto ). Dentro de la perforación es colocado un tubo perforado, generalmente de 5 cm de diámetro, el cual casi siempre es galvanizado o con una película de asfalto, que sirve como protección contra la erosión. El tubo es colocado con una inclinación hacia la carretera entre 5 % y 20 %.

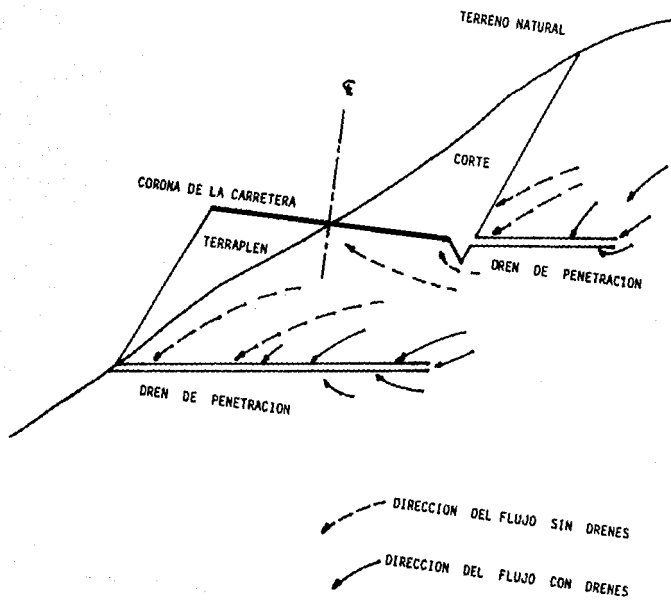
Las longitudes de los drenes de penetración son muy variables pero en ocasiones pueden alcanzar los 100 m de longitud, esto dependiendo del tipo de terreno que se tenga.

Donde se construyen los drenes de penetración es en los taludes de los cortes y en las laderas naturales, especialmente cuando van a servir de apoyo a un terraplón. Se necesita de un gran número de drenes para obtener una eficiencia aceptable en terrenos permeables.

Cuando se presentan terrenos impermeables o masas de roca agrietada su área de influencia es relativamente pequeña, de manera que se requieren espacios muy cortos.

Los drenes de penetración transversal deben construirse de tal manera que no se tengan problemas posteriores al intentar darle mantenimiento, durante la conservación de la carretera.

ESQUEMA DE LA INFLUENCIA DE LOS DRENES TRANSVERSALES  
DE PENETRACION EN UN CORTE EN BALCON



Los drenes de penetración deben construirse solamente después de realizar los estudios necesarios para garantizar su efectividad y economía de este procedimiento. Los estudios consisten en realizar sondeos, inspección visual de la zona, estudios geotécnicos y un análisis de la estabilidad del talud.

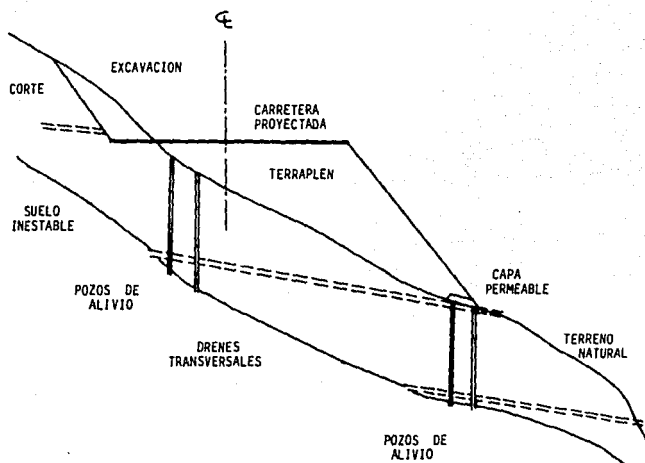
#### - POZOS DE ALIVIO.

Los pozos de alivio casi no se construyen en las carreteras, aunque las pocas veces que han sido construidos han sido de bastante ayuda en la solución de algunos problemas particulares.

Los pozos son perforaciones verticales de aproximadamente 0.60 m de diámetro, donde se coloca un tubo perforado de 15 cm de diámetro. El espacio que queda entre las paredes de perforación y el tubo es relleno con material de filtro. Los pozos pueden tener una profundidad hasta de 20 m.

Los pozos son construidos de tal forma que capturen los flujos perjudiciales, o sea ladera arriba de la zona que desea protegerse. Su función principal es la de abatir la presión en el agua existente en capas profundas del subsuelo, a las que por cuestiones económicas no es posible llegar a ellas haciendo una excavación. Su eficiencia no es de lo mejor si se observa desde el punto de vista de eliminación total del agua existente en el subsuelo.

POZOS DE ALIVIO COMBINADOS CON DRENES DE PENETRACION



Para que las veces que lleguen a construirse pozos sean realmente de alivio, éstos deberán tener un sistema que elimine el agua que drenen, porque de otro modo sólo serán un alivio temporal, ya que al llenarse de agua se restituirán los niveles y estados de presiones que existían antes de construirlos. El bombeo quizá sea el sistema más efectivo para lograr tal fin, pero tiene el detalle de ser costoso, lo que provocaría que a la larga se deje de utilizar con sus respectivas consecuencias.

Para que un pozo pueda ser realmente efectivo, se tendrán que construir drenes transversales de penetración. Esto representa la dificultad para lograr la conexión física entre el pozo y el dren transversal, debido a las impresiones de perforación; pero dicha limitación no es de mucha consideración, si tomamos en cuenta que los drenes pueden captar bastante agua que tienda a acumularse en los pozos, logrando impedir la generación de presiones neutrales de importancia.

#### **- GALERIAS FILTRANTES.**

Este procedimiento es poco utilizado en la solución de problemas de subdrenaje en carreteras y en general de vías terrestres, es más utilizado en la construcción de presas, por tal motivo solamente se describe de manera muy general.



Sin embargo, su uso estará plenamente justificado cuando se tenga una zona inestable y de grandes proporciones, o bien cuando el agua subterránea se localiza a una profundidad en que sea imposible llegar a ella mediante métodos de excavación a cielo abierto y prevalezcan condiciones topográficas que hagan difícil el empleo de drenes transversales.

La galería filtrante, es un túnel de sección apropiada para permitir su propia excavación, su localización será donde se crea más conveniente para poder captar y eliminar las aguas que puedan perjudicar la estabilidad de un talud o de una ladera natural que se use como terreno de cimentación.

Las técnicas utilizadas para la construcción de las galerías son las que se utilizan en la construcción de tuneles. El revestimiento de la galería, en caso de ser necesario, se hará de tal manera que permita realizar un trabajo efectivo como dren. Por razones económicas el revestimiento puede ser de concreto o de mampostería, dejando a un lado el de tubo metálico perforado.

**-SECUELA DE PROYECTO DEL DRENAJE SUBTERRANEO.**

Para poder definir los requisitos de un correcto drenaje subterráneo, se debe hacer primeramente la localización de el agua subterránea que esta provocando y/o puede provocar daños, determinar de dónde mana y hacia donde se inclina la capa freática.

Para lo anterior se hace necesario realizar muestreos en diferentes lugares, levantar secciones transversales y perfiles, además de llevar un control de los muestreos, indicando la clasificación de los suelos y la humedad en diferentes niveles.

A continuación se hace mención de los datos de campo que son esenciales para el proyecto de un drenaje subterráneo:

**1.- Plano del lugar a escala, que contenga:**

- a.- La distancia de la línea del centro de la carretera al pie del talud del terraplén.
- b.- Localización y dimensiones de las obras de drenaje que existan.
- c.- Localización lugares impermeables
- d.- Localización de los sondeos

**2.- Perfiles.**

- a.- Línea del centro del camino
- b.- Nivel del agua en las cunetas tanto en creciente como normalmente.
- c.- Nivel del agua en crecientes y nivel normal en obra de drenaje superficial.

3.- Secciones transversales, indicando :

- a.- Curvas de nivel de los estratos superficiales y subterráneos.
- b.- Elevación del nivel freático y del fondo del estrato acuífero.
- c.- Clasificación de los estratos del terreno
- d.- Ancho del pavimento del camino
- e.- Ancho del terrapién de la corona

C A P I T U L O    V

BREVE DRESCRIPCION DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN LA

AUTOPISTA    CUERNAVACA-ACAPULCO

TRAMO : CHILPANCINGO-TIERRA    COLORADA

SUBTRAMO : KM 58 + 000    AL    KM 68+000

V. - BREVE DESCRIPCION DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN LA AUTOPISTA CUERNAVACA-ACAPULCO, TRAMO CHILPANCIGO-TIERRA COLORADA, SUBTRAMO DEL km 58 + 000 al km 66 + 000.

En este capítulo se describirán de una manera breve las obras de drenaje realizadas o próximas a ejecutarse en el subtramo del km 58+000 al 66+000 de la autopista Cuernavaca-Acapulco. Dicho subtramo se localiza entre el poblado de El ocotito, Gro. y el lugar conocido como Agua de Obispo.

Este subtramo tiene un total de 32 obras de drenaje ; en las que se tienen tuberías de concreto de diferentes diámetros ( 0.91, 1.07, 1.22 y 1.52 m ), Tuberías de lámina ( de diámetros: 2.29, 2.44 y 5.03 m ), así como losas de diferentes medidas.

Las obras de drenaje a ejecutarse sólo representan el 6 % del costo total de este subtramo. Cabe hacer mención que del proyecto original se cambiaron algunas obras de ubicación, esto debido a las correcciones hechas en campo, donde al hacer el recorrido se observó que estaban desplazadas y los cauces de algunos arroyos no correspondían a los de proyecto.

También es conveniente mencionar que en la construcción de algunas obras ( las comprendidas entre el km 58+000 y el km 60+000 ), a parte de los problemas técnicos, hubo que enfrentar problemas con los ejidatarios del lugar. En esta parte cruzan a la autopista varios canales de riego, en los cuales no se podía suspender su riego, esto trajo como consecuencia la construcción de canales provisionales para poder trabajar y no

suspender el agua a las zonas de cultivo aledañas.

El cuadro que se presenta a continuación nos muestra la relación de las obras de drenaje de este subtramo.

UBICACION	TIPO DE OBRA	LONGITUD ( m )	No. DE TUBOS
58 + 206	LOSA 1.5 x 1.0	24.70	---
+ 644	T.C. DE 1.07	33.75	14
+ 876	LOSA 1.0 x 1.0	22.88	---
+ 925	LOSA 1.5 x 1.0	25.13	---
59 + 380	LOSA 1.0 x 1.0	25.00	---
+ 602	T.C. DE 1.22	25.11	10
60 + 460	LOSA 6.0 x 4.5	27.97	---
+ 675	T.C. DE 1.07	64.92	27
61 + 352	LOSA 6.0 x 4.5	46.21	---
+ 914	T.C. DE 0.91	41.2	17
62 + 154	T.C. DE 0.91	53.75	22
+ 397	T.L. DE 5.03	109.80	
	CALIBRE 5	40.26	
	CALIBRE 8	10.98	
	CALIBRE 10	58.56	
63 + 532.5	T.C. DE 0.91	61.25	26
+ 605	T.C. DE 0.91	90.00	37
+ 822	T.C. DE 1.07	51.25	21
64 + 052	T.C. DE 1.07	97.50	40
+ 235	T.C. DE 1.22	130.00	54
+ 688	T.C. DE 1.52	2 (182.27)	152
65 + 189	T.C. DE 1.07	2 (89.84)	77
+ 397.85	T.C. DE 1.07	34.16	14

UBICACION	TIPO DE OBRA	LONGITUD ( m )	No. DE TUBOS
65 + 726	T.L. DE 2.29	2 (144)	
	CALIBRE 5	102.48	
	CALIBRE 8	43.92	
	CALIBRE 10	142.74	
66 + 154.63	T.C. DE 0.91	75.64	31
+ 185	T.C. DE 0.91	97.50	40
+ 329.16	T.C. DE 1.22	122.00	50
+ 400	T.C. DE 0.91	46.36	19
+ 785	T.L. DE 2.44	201.30	
	CALIBRE 5	78.69	
	CALIBRE 8	49.41	
	CALIBRE 12	73.20	
+ 890	T.C. DE 1.07	125.00	52
+ 994.4	T.C. DE 1.22	100.04	41
67 + 135	T.C. DE 0.91	56.25	23
+ 175	T.C. DE 0.91	36.60	15
+ 514	T.C. DE 1.07	70.76	29
+ 702.46	LOSA 1.5 x 1.0	25.13	---

Nota: La longitud de los tubos es de 2.44 m c/u.  
T.C. = Tubería de concreto  
T.L. = Tubería de lámina

A continuación se presenta un cuadro con el resumen de volúmenes de obra a ejecutar de acuerdo a proyecto. También se presenta un larguillo de perfil en el que se muestra la localización de las obras de drenaje.

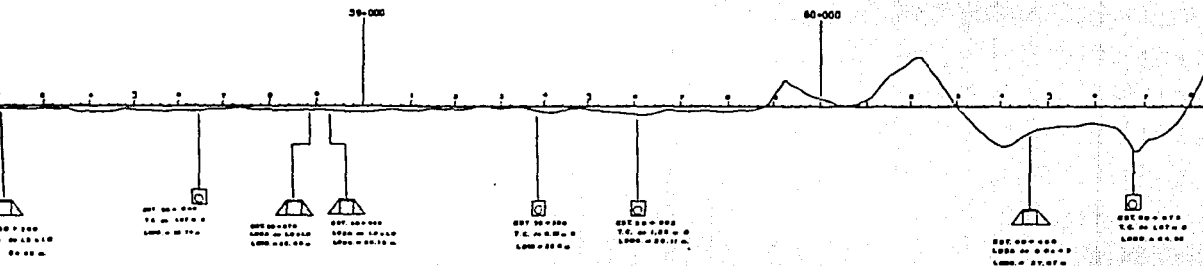




OBRA : AUTOPISTA CUERNAVACA-ACAPULCO  
 TRAMO : CHILPANCINGO-TIERRA COLORADA  
 SUBTRAMO : KM 58+000 AL 60+000

OBRAS DE DRENAJE

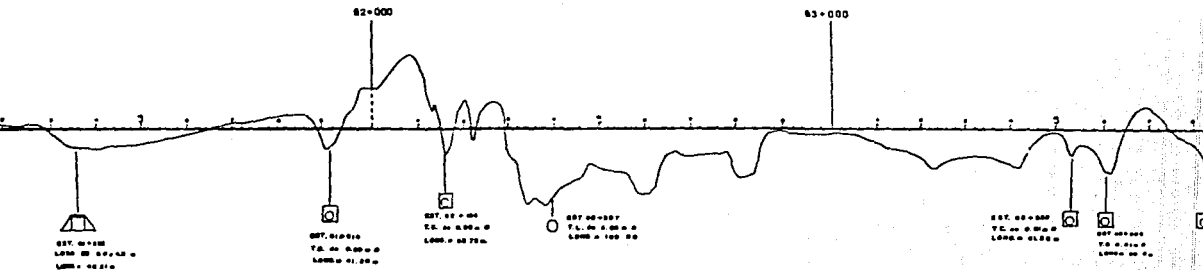
P E R F I L



OBRA : AUTOPISTA CUERNAVACA-ACAPULCO  
TRAMO : CHILPANCIAGO-TIERRA COLORADA

OBRAS DE DRENAJE

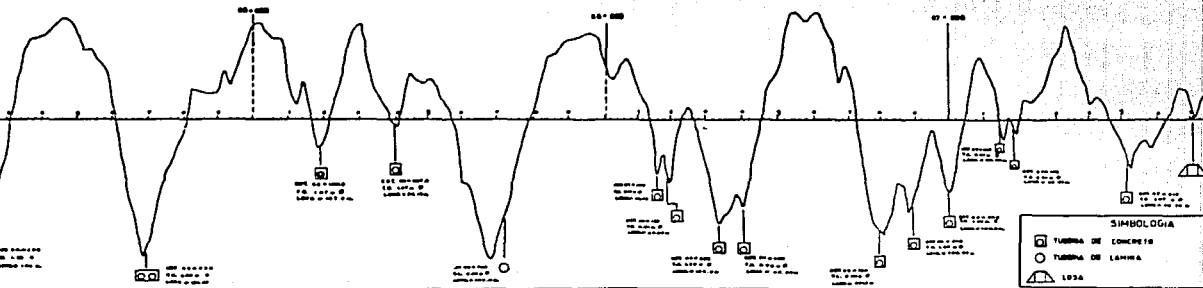
PERFIL



PROYECTO: AUTOPISTA CUERNAVACA - ACAPULCO  
SECCION: CHILPANCIHO - TIERRA COLORADA

### OBRAS DE DRENAJE

### P E R F I L



#### SIMBOLOGIA

- TUBERIA DE CONCRETO
- TUBERIA DE LADRILLO
- △ LORZA

Procederemos a describir algunas de las obras realizadas en este tramo, ya que el procedimiento de construcción es similar. Debo mencionar que al término de este trabajo las obras se encontraban suspendidas por problemas con propietarios de terrenos.

#### **OBRA 58 + 876**

Esta obra originalmente se se encontraba ubicada en el km 58+881, pero en realidad el cauce de agua pasa por esta nueva ubicación.

En la construcción de esta obra hubo necesidad de hacer un canal auxiliar, para no suspender el paso del agua y poder realizar los trabajos de construcción sin tener más problemas con los exidatarios del lugar; ya que con estos se habían tenido conflictos al inicio de la obra. Cabe hacer mención que la construcción de la obra programada para dos semanas, se llevo 5 semanas por dichos problemas.

Procedamos a la descripción general de la construcción de la obra. Primeramente se realizaron los trabajos de limpieza del terreno, posteriormente los topografos marcaron el eje de la obra, dejando también marcados los puntos que servirían como referencia para poder dar al canal la pendiente adecuada. Se hizo la excavación utilizando pico y pala. Una vez terminada la excavación, los topografos checan que la pendiente del fondo del canal sea la correcta.

Se procede a la construcción de los aleros y estribos, estos son de mampostería de tercera. La piedra fue lavada y cepillada por ordenes de Secretaria ( SCT ), para quitarles los finos y

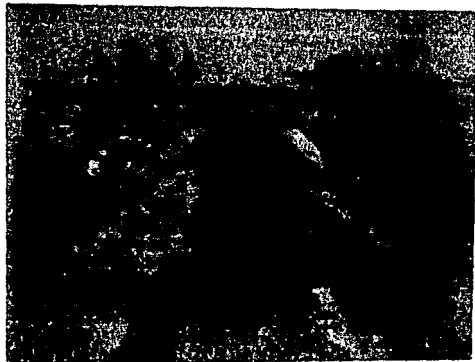
materia orgánica que tiene la roca, y que pudiera impedir un buen junteo entre estas. El mortero utilizado en la mampostería fue 1:4.

Una vez terminados los estribos y aleros se procedió a detallarlos con un aplanado en su interior, este se realizó con una mezcla de cemento y arena, en una proporción de 1:5.0

Para finalmente llevar a cabo el colado de la losa, con concreto de f'c de 150 kg/cm<sup>2</sup>. Se utilizaron varillas de diámetro de 18.9 mm. La losa esta diseñada y construida para soportar cargas del tipo H20-S16.

Los volúmenes de material ejecutados fueron:

-Mampostería de tercera clase (con mortero cemento 1:4)	56.2 m <sup>3</sup>
-Concreto con f'c de 150 kg/cm <sup>2</sup>	5.9 m <sup>3</sup>
-Acero de refuerzo	513.0 kg
-Zampado con mortero-cemento 1:5	4.5 m <sup>3</sup>
-Ejecución total (incluyendo canal auxiliar)	67.1 m <sup>3</sup>



En la fotografía se observa la obra - 58 + 876 ya terminada.

## OBRA 60 + 460

Esta obra es una alcantarilla de 4.5 x 6.0 que servirá como paso inferior vehicular. Los tipos de carga considerados en el proyecto de esta obra son H-20 y S-16.

En esta obra no hubo necesidad de hacer excavación, ya que el eje de la carretera pasará muy por encima de ella. Por tal motivo inicialmente como en todas las obras se procedió a realizar la limpieza del terreno, y después a construir la base de los estribos y aleros, con mampostería de tercera. La base tiene de dimensiones: 0.50 x 3.47 por la longitud. Al igual que la losa del 58+876 la roca utilizada tuvo que ser lavada y cepillada. Al realizar este trabajo de tesis, esta obra solamente se encontraba terminada hasta los muros y estribos.

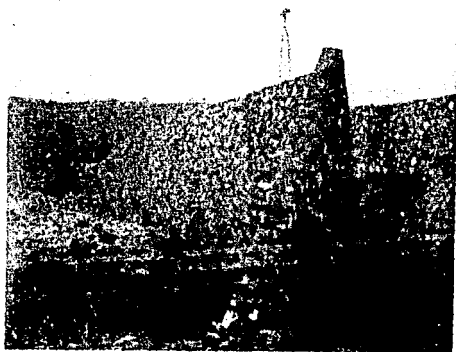
En los estribos se colocaron tubos de 15 cm de diámetro, para que el agua que pudiera llegar al terraplén tenga una rápida salida.

En la parte exterior de los estribos se colocará un zamepado sin juntar, este es conocido como muro seco, el cual tiene como objetivo drenar rápidamente el agua que llegue al terraplén, ya sea permitiéndole el paso por los tubos que atraviesan el estribo o sacándola hacia las orillas de la alcantarilla.

En la fotografía se observa los trabajos realizados en la losa ubicada en el km 60 + 460, subtramo: Chilpango-Tierra Colorada. Autopista Cuernavaca-Acapulco



En esta toma se puede observar las piedras salientes en el estribo, mismas que servirán de apoyo en la colocación del muro seco.



Esta obra es una alcantarilla de tubo de concreto de 0.91 de diámetro, con una longitud de 53.75 m, en la cual fueron colocados 22 tubos.

Como primer paso se realizó la limpieza del terreno, para posteriormente los topógrafos marcaran el lugar donde se iría

Para la excavación de esta obra se utilizó tractor D-8, y para la excavación de los dentellones se utilizó pico y pala. Una vez terminada la excavación los topografos definieron el eje transversal de la obra, es decir, donde pasara el eje de la tubería.

En esta obra se presentó un problema de afloramiento de agua en el lado norte. Para solucionar este problema se decidió hacer un dren de zanja a un costado de la tubería. El dren inicia 5 m antes del cabezote superior.

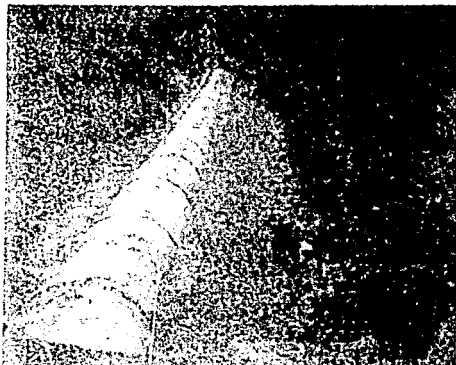
El terreno de esta zona es erosionable, para evitarlo se colocó una plantilla de suelo cemento a todo lo largo de la tubería ( con una proporción 1:7 , aconsejada por Secretaría ).

Los Dentellones ( cabezotes o muros de cabeza ) fueron construidos con mampostería de tercera. Para poder colocar la tubería se tiene que construir primeramente el dentellón inferior, ya que sobre este se puede decir irá apoyada la tubería. Los tubos son colocados de la parte inferior a la superior, y estos se colocaron con la ayuda de una retroexcavadora 580 K.



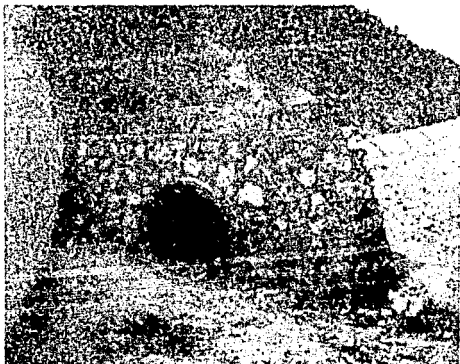
Los tubos son fundidos con mortero cemento en proporción 1:5.

Hasta el momento (trazo 91) son todos los trabajos realizados en esta obra.



En esta toma se observa la colocación de material -- gradado (lado derecho), - en el dren de zanja transversal.

Muro de cabecera interior  
de la obra 60 + 104





Obra 62 + 154. tubería de concreto de 0.91 m de diámetro. Tramo : Chilpancingo-Tierra Colorada Autopista : Cuernavaca-Acapulco.

OBRA 63 + 532

Esta obra es una alcantarilla de tubo, con diámetro de 0.91 m. El procedimiento para construir esta obra es similar al descrito en la 62+154, con la única diferencia que esta tiene una pendiente más pronunciada (35.5 %), por tal motivo se tuvieron que construir muros de anclaje, ya que la obra además tiene una longitud considerable (57.00 m).



Se puede observar la pendiente muy pronunciada que tiene esta obra.

Se observan los muros de anclaje y el junteo de la tubería.



Muro de cabeza interior.

## C A P I T U L O    V I

## C O N C L U S I O N E S

## VI.- CONCLUSIONES.

El agua como todos sabemos es benefica en muchos casos, pero en las carreteras es muy dafina, pues provoca fallas en su estabilidad, teniendo como consecuencia inmediata el acortamiento de servicio de esta.

Para evitar lo anterior se hace indispensable la construcción de las obras de drenaje; estas pueden ser de cualquier tipo de las que se mencionaron en capítulos anteriores, todo dependiendo del tipo de terreno y de la cantidad de agua que llegue ( o pueda llegar ) a la carretera.

Como se mencionó al inicio, las obras de drenaje representan entre el 5 y el 8 % del costo total de una carretera, lo cual no es nada si se compara con los beneficios que estas obras proporcionan.

Cuando se trate de evitar que el agua que escurre superficialmente llegue a la carretera, no existe tanto problema, pues generalmente la topografía del terreno nos indica donde debe ir una obra de drenaje. Se llega a tener complicaciones pequeñas en zonas planas, pero pueden resolverse con la ayuda de los topografos que nos indiquen hacia donde es el escurrimiento del lugar.

Cuando se trata de agua que escurre superficialmente no se tiene tanto problema, como cuando se tienen afloramientos de agua subterránea; cuando se presente un problema de este tipo su solución debe hacerse sin pensar demasiado en el costo que esto representará, se debe tomar en cuenta que solución será la más benéfica, ya que si considerá una posible solución por ser la más económica, a la larga se pueden presentar problemas, con sus consiguientes desembolsos monetarios que serán mayores.

Resumiendo, las obras de drenaje son de vital importancia en la construcción de cualquier carretera, por lo tanto, no se deben escatimar recursos en la construcción de éstas.

## G L O S A R I O



## G L O S A R I O

ACUEDUCTO.- Es un canal artificial que sirve para conducir el agua, bien sea por encima o por debajo del terreno.

ADEME.- Contraveneteo temporal que se utiliza para sostener los lados de una excavación.

ALCANTARILLA.- Es un tubo o puente pequeño para desagüe por debajo de la estructura de la carretera.

ALERO.- Muro que guía una corriente a la abertura de un puente o de un cañon.

ANGULO DE ESUIAJE.- Es el ángulo máximo existente entre una alcantarilla y el eje de la carretera.

ARROPE.- Capa de material que se coloca para protección de las tuberías y en general de todas las obras.

AZOLVAR.- Obstruir con tierra o lodo depositados por el agua.

BANCO DE NIVEL.- Es un punto de altura conocida o supuesta que se usa como referencia para determinar y registrar otras elevaciones.

BANCO DE PRESTAMO.- Excavación cuyo material es utilizado en alguna obra cercana.

BERMA.- Un bordo artificial de tierra.

BOLEO.- Piedra redonda con diámetro entre 4 y 12 pulgadas.

CAMPANA.- Extremo de un tubo ampliado, para colocar el extremo del tramo siguiente.

CARGA HIDRAULICA.- La altura del agua arriba de un punto especificado.

**CLAVE.** - Dovela que se coloca en el centro de la parte superior de un arco. Las características de las claves varían en los distintos órdenes arquitectónicos.

**COMPACTACION.** - Reducción de volumen de un terraplén por rodillado o apisonamiento.

**COMPACTAR.** - Apisonar o comprimir un suelo para compactarlo.

**DENTELLON.** - Muro construido para resistir la presión de la tierra o del agua.

**DOVELA.** - Una de las piedras labradas en forma de cuña que constituyen un arco. La central recibe el nombre de cuña.

**EROSION.** - Desgaste causado por el agua en movimiento o por el viento.

**ESTRIBO.** - La parte de un puente que soporta el extremo de un claro y que evita que el terraplén se deslice debajo del puente. Una cimentación que recibe pesos y también empujes.

**ESVIAJADO.** - Que forma un ángulo horizontal o curso en una dirección oblicua.

**EXTRADOS.** - Superficie convexa exterior, que forma la parte superior de un arco o una bóveda de piedra. El término es contrario a intradós, que es como se llama la superficie interior del arco.

**FALLA.** - Es el movimiento que produce el desdoblamiento relativo a lo largo de una fractura en la roca.

**MONEO.-** Barrenaciones de poca profundidad.// Voladura de piedras haciéndoles barrenos.

**MUROS DE CABEZA.-** Muros generalmente de mampostería, en los extremos de una alcantarilla.

**PERFORADORA DE PULSETA.-** Una perforadora que excava levantando y dejando caer una barrena.

**TERRAPLEN.-** Estructura de tierra o de fragmentos de roca./ Suelo o roca suelta que se usa para elevar una rasante./ Un relleno cuya parte superior esta a mayor altura que los terrenos adyacentes.

**SOCAVACION.-** Erosión en el lecho de una corriente, producida especialmente por la ampliación o modificaciones en los canales de los cauces.

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

## " BIBLIOGRAFIA "

- Titulo : " VIAS DE COMUNICACION "  
Autor : Ing. CARLOS CRESPO VILLALAZ
  
- Titulo : " ESTRUCTURACION DE VIAS TERRESTRES "  
Autor : Ing. FERNANDO OLVERA BUSTAMANTE
  
- Titulo : " MECANICA DE SUELOS " ( Tomo III )  
Autor : Dr. EULALIO JUAREZ BADILLO  
M.I. ALFONSO RICO RODRIGUEZ
  
- Titulo : " LA INGENIERIA DE SUELOS, EN LAS VIAS TERRESTRES "  
Autor : M.I. ALFONSO RICO RODRIGUEZ  
ING. HERMILIO DEL CASTILLO
  
- Titulo : " NORMAS PARA CONSTRUCCION E INSTALACIONES "  
ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE  
Autor : SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES ( SCT )
  
- Titulo : " INGENIERIA DE CARRETERAS "  
Autor : CLARKSON H. OGLESBY
  
- Titulo : " APUNTES DE PUENTES "  
FACULTAD DE INGENIERIA, U.N.A.M.

- Titulo : " Puentes para Carreteras "

PROYECTOS TIPO DE ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO  
PARTE I

Autor : SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS  
( S.A.H.O.P. )