

29



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"AUTOVIALIDAD EN LA ZONA OESTE DE LA  
DELEGACION ALVARO OBREGON DE LA  
CIUDAD DE MEXICO."**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
**P R E S E N T A**  
**OMAR ENRIQUE ABARCA ZUGARAZO**

**MEXICO, D.F.**

**ABRIL - 1989**

**FALLA DE ORIGEN**



## **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.

## INDICE

	Pág.
CAPITULO 1. INTRODUCCION .....	4
1.1. PROLOGO .....	5
1.2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS .....	8
1.3. BASES PARA PROYECTAR LOS ESPACIOS VIALES .....	12
1.4. TRAZO DE LOS ESPACIOS PROYECTADOS .....	19
CAPITULO 2. PAVIMENTOS .....	21
2.1. INTRODUCCION .....	22
2.1.A. Las Componentes Estructurales del Pavimento.....	25
2.1.B. Estabilización de Suelos ...	30
2.1.C. Método para "Pasar Niveles".	33
2.2. DISEÑO .....	34
2.2.A. Introducción .....	34
2.2.B. Diseño Simplificado de Pavimentos de Concreto Hidráulico .....	39
2.2.C. Diseño Simplificado de Pavimentos Adoquinados .....	40
2.3. CONSTRUCCION .....	44
2.3.A. Construcción, de Pavimentos de Concreto Hidráulico .....	45

	Pág.
2.3.B. Construcción de Pavimentos Adoquinados .....	52
CAPITULO 3. DRENAJE .....	54
3.1. INTRODUCCION .....	55
3.2. ESPECIFICACIONES .....	61
3.3. CONSTRUCCION .....	68
CAPITULO 4. OBRAS COMPLEMENTARIAS .....	73
4.1. INTRODUCCION .....	74
4.2. MUROS DE CONTENCION .....	75
4.3. PUENTES .....	78
4.4. ESCALINATAS .....	93
4.5. GUARNICIONES Y BANQUETAS .....	97
CAPITULO 5. CONCLUSIONES .....	103
BIBLIOGRAFIA .....	106

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

## I INTRODUCCION.

### 1.1. PROLOGO.

Habitar humanamente, una de las necesidades fundamentales de todo -- individuo, no se satisface completamente obteniendo una vivienda acorde a los requerimientos de sus habitantes, debido a que el entorno de la vivienda tiene una función muy importante.

Entre la vivienda y su entorno, existen relaciones funcionales, que pueden elevar o disminuir la calidad de vida de los habitantes del barrio residencial. Por lo que se podría considerar al espacio público como una ampliación de la vivienda, pero con la diferencia que dichos espacios, -- deben estar planeados para satisfacer las exigencias mayoritarias, pudiendo no satisfacer las exigencias individuales.

Los habitantes de zonas residenciales se componen de muchos indivi-- duos que serán siempre muy distintos, en cuanto a sus características, ne-- cesidades y posibilidades. Lo que hace difícil establecer con certeza las exigencias mayoritarias, sin correr el riesgo de equipararlas con las ne-- cesidades individuales o de grupo, así como de universalizar las exigen-- cias de la mayoría. El riesgo de una mala apreciación, solo se puede redu-- cir, conociendo al máximo al grupo de habitantes y su ámbito.

En el Distrito Federal, hay una gran cantidad de barrios residencia-- les, que ya se encuentran intensamente poblados y que no cuentan con la -- totalidad de las obras y servicios públicos necesarios. (que ayuden a sus

habitantes a conseguir un nivel adecuado de bienestar), de entre los que destacan por su importancia los siguientes:

- Alcantarillado Sanitario.
- Vigilancia.
- Abastecimiento de agua potable.
- Infraestructura viaria adecuada.
- Electrificación y alumbrado público.
- Limpia y recolección de basura.

Ante esta problemática común y la incapacidad del gobierno capitalino para solucionarla satisfactoriamente, los habitantes de algunos barrios se han organizado para tratar de solucionarlos ellos mismos. Con respecto a las obras públicas, la autoconstrucción se ha mostrado como una alternativa viable. Sin embargo en la mayoría de los casos en que se ha implantado, los resultados obtenidos son deficientes en varios aspectos, de entre los que sobresalen los técnicos, funcionales y económicos.

El fracaso de estas obras de autoconstrucción se debe en buena medida a la falta de asesoría técnica capacitada, encargada del diseño y supervisión de la obra. El presente trabajo pretende servir de guía para el diseño y construcción de algunas de las obras públicas de mayor demanda, que son las que integran la infraestructura viaria de un barrio residencial. Está diseñado para que cualquier persona que tenga que tratar con algún tipo de obra que esté comprendida en este "manual", por medio de tablas pueda diseñarla, y que cuente con las especificaciones indispensa

bles para su construcción. Es importante señalar que la configuración final de los espacios viales, dependerá del criterio del proyectista, ya -- que aquí, solamente se han incluido indicaciones y especificaciones, haciendo hincapié en las posibles alternativas funcionales y formales, que faciliten la planeación de dichos espacios.

Este "manual" está hecho considerando las necesidades de una área determinada, que es la zona oeste de la Delegación Alvaro Obregón, específicamente las colonias: Torres de Potrero, La Era, Tlacoyaque, Rincón de la Bolsa, Pueblos de San Bartolo Ameyalco y Santa Rosa Xochiac, entre -- otras. Esta delimitación se debe principalmente a las dos razones siguientes:

- a) Es una zona en donde la autoconstrucción de servicios públicos es una práctica ordinaria y con vaticinio de auge.
- b) Es una zona muy conocida por el autor, lo que facilita conocer las necesidades y posibilidades de la mayoría de sus habitantes, así como las características de su entorno.

Siendo esta última, razón por la que aquí solamente se tratan las -- obras relacionadas con la vialidad, ya que las obras que se requieren para obtener el nivel deseado de funcionalidad, coinciden con las de demanda más frecuente en dicha zona.

## 1.2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS.

De las características relevantes de la zona de aplicación de este "manual", hay que destacar por su influencia en el tema que se trata, las siguientes:

**TERRENO.**- Zona de lomerío, topografía accidentada, pendientes pronunciadas y existen gran cantidad de barrancas que conducen aguas negras y de lluvia.

**USO Y TENENCIA DEL SUELO.**- Se considera en general zona residencial unifamiliar, en terrenos de 200 m<sup>2</sup>, que actualmente se encuentran en -- proceso de regularización.

**ACCESO.**- Es la calzada al Desierto de los Leones, principalmente.

**OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS.**- Las zonas que ya se encuentran intensamente - pobladas cuentan con los servicios de alcantarillado sanitario, agua potable, electrificación, y sus carencias más sentidas son la pavimentación y las obras complementarias de la vialidad como: muros de contención, guarniciones y banquetas, puentes o alcantarillas, escalinatas y andadores.

En cuanto a los servicios como el de limpia o de suministro de - gas, por ejemplo, se dificultan, sobre todo en época de lluvias, por la falta de una infraestructura viaria adecuada.

CIRCULACION DE PEATONES Y VEHICULOS.

Al ser el tránsito de paso mínimo, los habitantes del lugar son los -  
que generan la mayoría del tránsito vehicular y peatonal. (ver fig. 1.1)

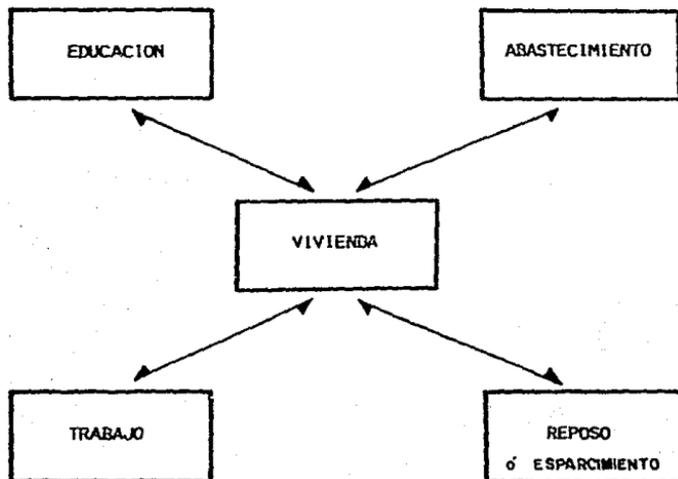


FIG. 1.1

El conjunto de habitantes de la zona básicamente está compuesto en su mayoría por niños y adolescentes, sin automóvil, en menor proporción por adultos de los cuales un 70% aproximadamente no tienen automóvil durante todo el día y también por una minoría de ancianos que tampoco tienen automóvil. En cuanto a las posibilidades económicas de la población, se consideran de mínimas a medias ya que en este aspecto hay gran diversidad de situaciones.

Sin embargo como anteriormente se dijo, en esta zona se practica mucho la autoconstrucción, por lo que las restricciones económicas de la población, no han sido un obstáculo insalvable, así lo demuestran las obras ya realizadas.

La situación actual de la infraestructura viaria de la zona, se puede resumir en los dos puntos siguientes:

- a) Como es una zona ya intensamente poblada en su mayoría, los espacios públicos ya están delimitados, por tanto las calles están limitadas por las construcciones, así mismo están estructuradas de manera irregular y deficiente, en buena parte debido a la nula planificación y en menor medida a la topografía.

La estructura ya no puede ni alterarse, ni ampliarse significativamente.

- b) Tanto el grado de construcción y el estado de las calles son insuficientes para brindar un nivel de servicio adecuado (fig. 1.2.a) con excepción de las calles principales, que generalmente su estado es bueno pero su grado de construcción es -

insuficiente (fig. 1.2.b).



fig. 1.2

Para fines de uso de este "manual" se han clasificado en dos las categorías de tránsito vehicular, más dos de peatones, con una clasificación del tipo de calle y cantidad de autobuses, que se presenta en la tabla I.1

TABLA I.1

CATEGORIA	DESCRIPCION
A	BANQUETAS
B	CALLES PEATONALES
1	CALLES RESIDENCIALES, ESTACIONAMIENTO
2	CALLES RESIDENCIALES, ALIMENTADORAS, POCOS AUTOBUSES.

Esta clasificación de las zonas públicas transitables cubre prácticamente todos los casos de interés para este manual, sin embargo es importante aclarar que quedan excluidas las avenidas con regular cantidad de autobuses, como la calzada al Desierto de los Leones y otras con características similares, que serán consideradas fuera del alcance del presente trabajo.

### 1.3. BASES PARA PROYECTAR LOS ESPACIOS VIALES.

Antes de comenzar la construcción de cualquier obra vial, es necesario cuantificar los espacios públicos disponibles y zonificarlos en correspondencia con las necesidades de los Tipos de Tránsito que se generan en la zona. Esta etapa de planeación es de vital importancia por su influencia en el éxito o fracaso de la obra vial que se pretenda construir. Para ejemplificar lo anterior, se puede mostrar lo que sucede con mucha frecuencia en esta zona, que es la de construir banquetas con anchos insuficientes para que una persona pueda transitar por ella, por lo que el tránsito peatonal se realiza mezclado con el vehicular, con el peligro que esto representa para el peatón. El ejemplo anterior exhibe la necesidad de tener en cuenta en el diseño de obras viales, los espacios mínimos que cada tipo de tránsito requiere, según el nivel de servicio que pretenda alcanzarse. Sin embargo como ya se mencionó, en esta obra -- solamente se incluyen especificaciones, en las que se hace hincapié en las posibles alternativas funcionales aplicables en la zona previamente delimitada, y de cuyas principales características ya se hizo una breve descripción, de donde se puede concluir que prácticamente la totalidad

del tráfico lo generan los propios habitantes, al ser el tráfico de paso muy reducido. El tránsito peatonal es mucho más intenso que el vehicular, lo que reafirma la proposición de que se le debe dar prioridad - al primer tipo de tránsito y con esto dar preferencia a la función de - residencia con respecto a la función de tráfico. (Fig. 1.3)

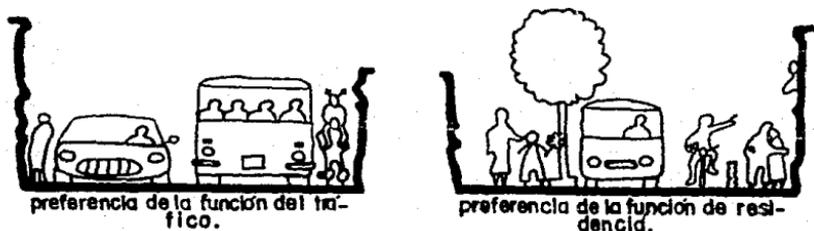


Fig. 1.3

Para llevar a cabo la proposición anterior, se ofrece el siguiente método para la proyección de los espacios viales de la zona de aplicación del presente trabajo. El cual consta de los siguientes pasos:

- 1).- Medir el ancho y largo de la calle. Si la calle es de ancho muy variable se seccionará en tres partes: secciones de ancho mínimo, medio y máximo. En cada una de las secciones se obtendrá su ancho -- promedio y largo. (Fig. 1.4)

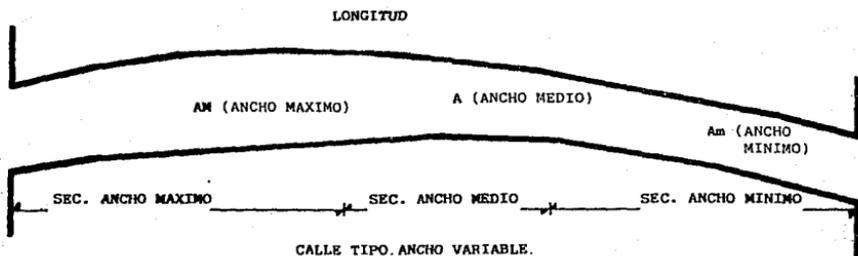
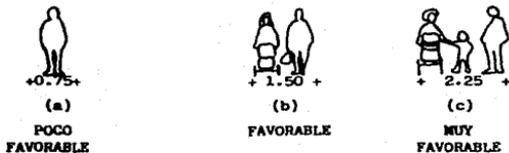


Fig. 1.4

2).- Determinar el ancho de banqueta (B), con la ayuda de la Fig. 1.5

Fig. 1.5 MEDIDAS BASICAS PARA BANQUETAS



3).- Para obtener el ancho de calzada (C), se restará del ancho medio de la calle (A), dos veces el ancho de banqueta (2B).

$$C = A - 2B$$

- 4).- Verificar que el ancho de calzada obtenido (C), no sea menor que 4.8 m para calles con categoría de tránsito 1. Y para calles con categoría de tránsito 2 el ancho de calzada deberá ser mayor o igual que 6.5 m

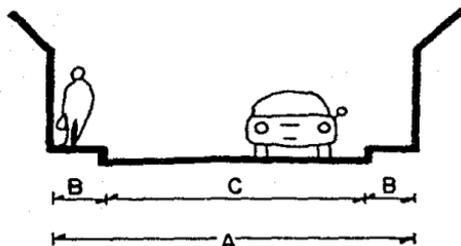
Si no se cumple con la condición anterior de anchura mínima de la calzada se podrá reducir el ancho de las banquetas propuesto en el paso 2, hasta que se cumpla con el ancho de calzada solicitado. No se deberá reducir el ancho de banqueta más de lo que marca la tabla I.2

TABLA I.2

CATEGORIA DE TRANSITO DE LA CALLE.	ANCHO DE CALZADA REDUCIDO.	ANCHO DE BANQUETA REDUCIDO.	ANCHO TOTAL DE LA CALLE. MINIMO ANCHO. ACEPTABLE UNICAMENTE EN LA SECCION DE ANCHO MINIMO.
1	4.6 M	0.9 M	6.4 M
2	6.2 M	1.2 M	8.6 M

A la suma de los anchos proyectados hasta este paso, se le llamará ancho total de proyecto (Fig. 1.6). Que será implantable únicamente en la sección de ancho medio, ya que para poder establecerlo en las otras dos secciones, se tendrá que modificarlo de acuerdo a lo establecido en los pasos posteriores.

Fig. 1.6



A = ancho total de diseño

C = ancho de calzada

B = ancho de banquetas

DIMENSIONES PROYECTADAS EN LA SECCION DE ANCHO MEDIO.

5).- AJUSTE DE LAS DIMENSIONES DE PROYECTO EN LA SECCION DE ANCHO MINIMO.

En la sección de ancho mínimo de la calle, el ancho total de proyecto probablemente se tendrá que reducir para hacerlo coincidir con la dimensión de la calle en dicha sección.

Las reducciones de los anchos de proyecto de las banquetas y/o calzada, se harán de manera que no sean menores de los límites que marca la Tabla I.2

El orden en que se harán las reducciones dependerá del caso que se presente de los dos siguientes:

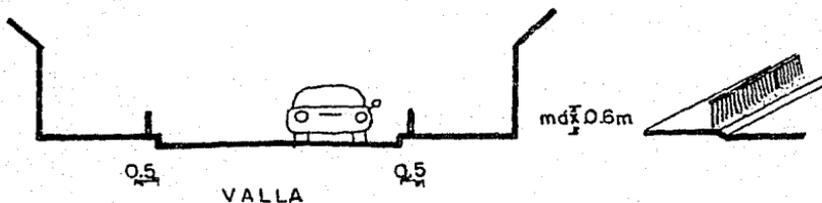
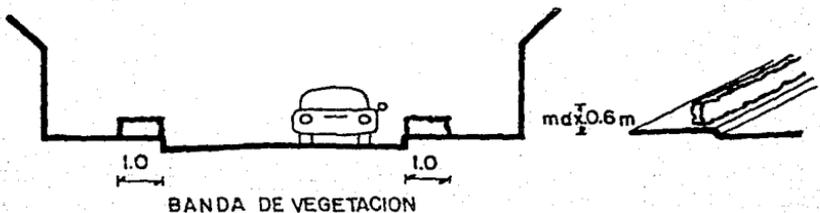
CASO I).- Para largos hasta de 30 m de la sección de ancho mínimo, primero se reducirá el ancho de banqueta y en caso de continuar el desajuste se reducirá el ancho de calzada.

CASO II).- Para largos mayores de 30 m de la sección de ancho mínimo, --  
primero se reducirá el ancho de calzada y de continuar el desajuste se reducirá el ancho de banqueta.

6).- En la sección de ancho máximo de la calle, al contrario de lo que sucede en la sección de ancho mínimo, al comparar los anchos totales de proyecto y de la calle, probablemente quedará una área libre, la cual, dependiendo de su magnitud, se podrá destinar a cumplir -- con diferentes funciones. La Fig. 1.7 propone algunos posibles usos de dichos espacios.

(a)

Separación de los diferentes tránsitos  
para mayor seguridad y aspecto más  
agradable.



(b)

Area de estacionamiento, es recomendable diseñarlos a ambos lados de la calle. Pueden ser desde paralelos hasta perpendiculares a la dirección del tráfico, dependiendo del área disponible. Notese en la figura el incremento del ancho de banqueta, según sea la forma del estacionamiento.

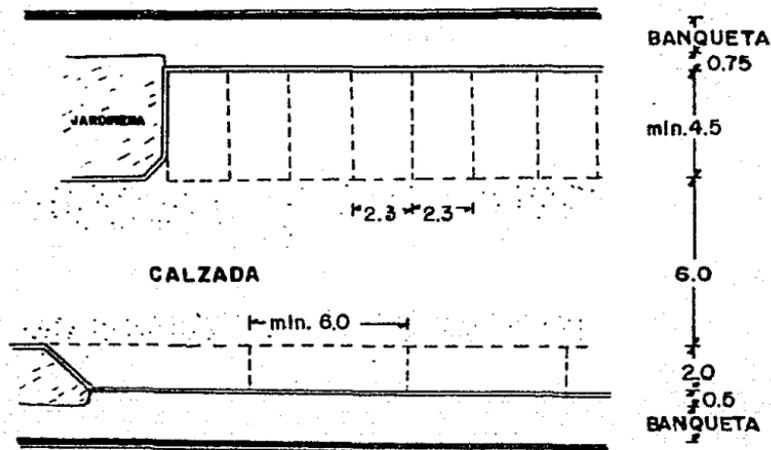


FIG. 1.7

El procedimiento expuesto, aparte de pretender servir de guía para el diseño de los espacios viales de una calle, también trata de ayudar a formar un buen criterio con el cual se pueda dar solución a algún caso especial que no esté contenido en los casos previstos en este "manual".

Una observación sobre un inconveniente más de las banquetas estrechas es que los postes de la luz generalmente se colocan a 80 cm de distancia del paramento de las viviendas, por lo que si se pretende que dichas estructuras queden completamente dentro del área de banquetas, éstas se tendrán que construir con ancho mínimo de 110 cm.

#### 1.4 TRAZO DE LOS ESPACIOS PROYECTADOS.

Una vez que se han obtenido las dimensiones de proyecto de las banquetas y calzada para las diferentes secciones de la calle, se podrá trazar en su superficie los límites de las zonas proyectadas. Para obtener así el lugar correcto donde se construirán los diferentes elementos que formarán la infraestructura viaria de la calle. Para facilitar el trazo de la calle se propone el método siguiente:

1).- En toda la longitud de la calle, se clavará una estaca en el centro de su ancho a cada 20 m en las partes rectas, y a cada 5 m en las curvas.

2).- A cada uno de los lados de las estacas del centro de calle, se repartirá en partes iguales el ancho de calzada de proyecto, de tal manera,

que el centro de la calle también sea el centro de la calzada. Así mismo se clavará una estaca en los límites obtenidos de la calzada, por lo tanto también se habrán obtenido los límites de las banquetas. Fig. 1.8

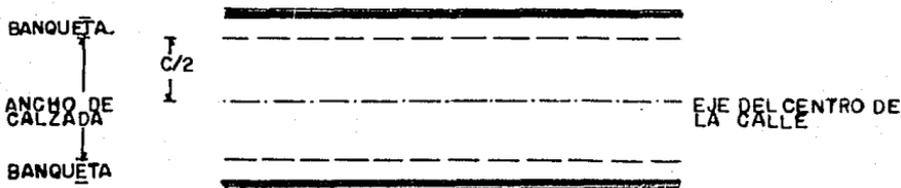


FIG. 1.8

3).- A lo largo del límite común entre calzada y banqueta obtenido en el paso anterior, se tendrá un hilo para verificar que en las transiciones de una sección a otra de anchos diferentes, no se hagan de manera brusca, si no que se tendrán que hacer en forma gradual o suave.

## **CAPITULO 2**

### **PAVIMENTOS**

## 2.1 INTRODUCCION.

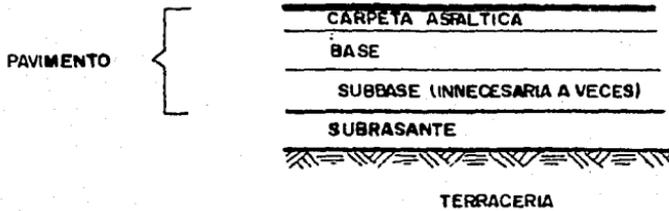
La parte más importante de una calle es su pavimento. Sin esta estructura no se puede pensar en tener un tránsito rápido, cómodo y seguro en esa obra.

Este capítulo se ha escrito pensando en todas aquellas personas que en alguna forma tienen que tratar con pavimentos, que no tienen que ser necesariamente técnicos en el área de construcción o algún campo afín. Pretende ser de consulta rápida y sencilla para el diseño de un pavimento por medio de Tablas, sin dejar de indicar los factores más importantes que intervienen en este proceso, pero sin profundizar, por ser el diseño de pavimentos una parte extensa y compleja, además de que si se considera que el 25 % de los pavimentos que fallan es por diseño inadecuado, el 55 % por mala construcción, y el 20 % es debido a una inadecuada conservación, se justifica que en este capítulo se otorgue mayor importancia a la etapa de construcción.

Es importante señalar que para la práctica de autoconstrucción los tipos de pavimentos que más se ajustan a los recursos de mano de obra y maquinaria disponible, son los de concreto principalmente y adoquín. Por lo que aquí únicamente se tratan estos dos tipos de pavimento, pero como al ser el primero un pavimento rígido y el adoquín del tipo flexible, (fig. 2.1), se hace una breve descripción de las características más importantes de cada tipo, para la mejor comprensión del tema que se trata.

## TIPOS BASICOS DE PAVIMENTO

### FLEXIBLE



### RIGIDO

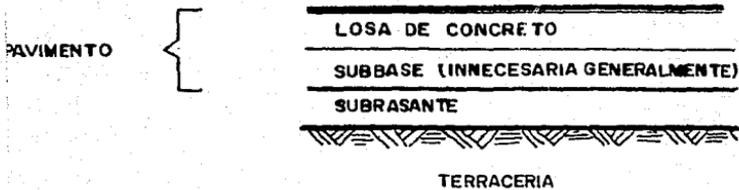


FIG. 2.1.

El pavimento es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, cuya finalidad se describe al principio de este capítulo.

Existen actualmente 2 tipos básicos de pavimento: Rígido y Flexible, ver fig. 2.1.

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o en una capa sub-base en algunas ocasiones.

Los pavimentos flexibles se pueden definir como las estructuras formadas por varias capas, que distribuyen la carga recibida a través de su espesor hasta la subrasante, a un nivel de esfuerzos adecuados a esta capa. En este manual se consideran dentro de esta categoría a los pavimentos de: A) Asfalto, B) Adoquín y C) Empedrado.

Aparte de los Tipos de pavimentos mencionados, existe actualmente el llamado semirígido que es, esencialmente, un pavimento flexible a cuya base se ha dado una rigidez alta por la adición de cemento, cal o asfalto.

De lo anterior se desprende que, en general, un pavimento está formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo cuanto más cercanas se encuentran a la superficie de rodamiento, esto es, principalmente, por la mayor intensidad de los esfuerzos que le son transmitidos.

## 2.1.a LAS COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO.

### BASE

En pavimentos flexibles, (de asfalto, adoquín o empedrado), las capas base y sub-base tienen la función principal de contribuir mucho a la capacidad de soportar cargas del pavimento. La base debe tener la suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie arriba de ella y transmitirla, a un nivel de esfuerzos adecuados, a la capa siguiente, que puede ser una sub-base o una subrasante.

Actualmente podemos considerar dos tipos de bases:

- A) Base granular.- Dé grava triturada y mezcla natural de agregado y suelo. Su estabilidad depende de la fricción interna y su cohesión. Una alta fricción interna se consigue con agregados bien graduados y una pequeña cantidad de finos limos arenosos.
- B) Base estabilizada.- Suelo mezclado con cemento, cal o asfalto. En general la utilización del cemento es la opción más favorable.

### SUB-BASE

En un pavimento flexible es una capa abajo de la base, de menor calidad que ella que tiende principalmente a abaratar el costo del pavimento. Si el espesor de la base es de más de 20 cm, conviene sustituir parte de ese espesor con un material de menor calidad que abunde localmente.

En un pavimento rígido, tiene una función complementaria de una mala subrasante y se les asigna muy poco valor estructural, siendo su uso en -- los siguientes casos:

- 1) Si el pavimento va a tener un tránsito intenso.
- 2) Si el suelo de la subrasante es fino y plastico.

Y se incluye para:

- 1) Prevenir falla por bombeo de la subrasante.
- 2) Para proteger de las heladas a la subrasante.
- 3) Para contrarrestar los cambios volumetricos de la subrasante.
- 4) Para aumentar la capacidad soportante de la subrasante.

Para que se produzca falla por bombeo en pavimentos rígidos se requiere que exista: a) Intenso tránsito pesado, b) Agua acumulada en la subrasante, c) Que la subrasante contenga muchas partículas finas (pasando malla Núm. 200). Si uno de estos factores no existe, no hay falla por bombeo, efecto que por su frecuencia e indeseabilidad merece mención especial.

#### CAPA SUBRASANTE

También llamada capa de mejoramiento de terracería, ya que está formada por el mismo material con procedimiento constructivo algo mejor, sobre todo en lo referente a la compactación. Esta capa de los últimos -- 30 cm aproximadamente de una terracería, es muy importante para los pavimentos y constituye su cimiento.

Para diseñar adecuadamente un pavimento, principalmente los de tipo flexible, se deben hacer extensos estudios del suelo de la subrasante, - tanto en el campo como en el laboratorio. Comprende estudios de Topografía, Geología, ambiente y sobre todo, de mecánica de suelos.

Este 'manual' que pretende ser práctico y sencillo, divide a las subrasantes en tres categorías:

**BUENAS**

**REGULARES**

**POBRES**

Para saber si una subrasante dada, o si el suelo que está en la parte superior de una terracería corresponde a una de estas categorías, debemos conocer cuando menos su granulometría simplificada, su plasticidad y principalmente su "valor relativo de soporte" o VRS o CBR como se le conoce mundialmente.

Si no se cuenta con un laboratorio de suelos, para obtener la anterior información, podemos, visual y manualmente, probar el suelo. Si a un suelo le mezclamos algo de agua y lo amasamos entre los dedos, su plasticidad se manifiesta inmediatamente y, si es alta estaremos con una arcilla. Si la plasticidad es baja y colocando en el hueco de la mano el suelo amasado, golpeamos con la otra mano la que tiene el suelo, para provocar una pequeña sacudida vertical, si el suelo se abriga super- ficialmente, tendremos un limo.

Un suelo grueso como una arena o una grava, visualmente se identifica y si no está limpio, y contiene algo de limo y arcilla, será una grava

- limosa, grava arcillosa, arena limosa o arena arcillosa.

La tabla 2.3. presenta las tres categorías de la subrasante, en función de su resistencia (V.R.S.), su clasificación AASHTO, (American Association of State Highway and Transportation Officials), o la descripción del suelo típico, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, (SUCS).

TABLA 2.3.  
CATEGORIAS DE SUBRASANTE

CATEGORIA	V.R.S.	SUELO TIPICO Y SU CLASIFICACION
BUENA	13 a 35	GRAVAS, GRAVAS-ARENAS, ARENAS, ARENAS - LIMOSAS. A-1, A-2, A-3 DE "GW" (Gravas bien graduadas) A "SM" (Arenas limosas)
REGULAR	6 a 12	LIMOS Y ARCILLAS POCO PLASTICAS. A-4, - A-5, A-6. DE "ML" (LIMOS Y ARENAS MUY FINA CON BAJA PLASTICIDAD) A "CH" (ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD).
POBRE	3 a 5	ARCILLAS MUY PLASTICAS. A-7. "CH" Y Pt (SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS).

Cuando una subrasante es "pobre", conviene estudiar la posibilidad económica de quitarla, estabilizarla o colocar sobre ella otra subrasante de mejor calidad.

TABLA 2.4  
COMPACTACION DE LA SUBRASANTE

CATEGORIA DE TRÁNSITO*	ESPESOR MÍNIMO	% COMPACTACION
1, 2	15 CM	90 MÍNIMO

\* Ver tabla I.1

Carpeta Asfáltica.- Tiene un espesor relativamente delgado, dependiendo del tránsito previsto, de 2 cm a 7 cm; puede ser de riegos superficiales, de mezcla en el lugar, o de concreto asfáltico hecho en planta estacionaria. Tiene la función de proporcionar adecuada resistencia al desgaste de la base, protegiéndola de las lluvias, heladas y ayudándole en algunos casos (carpetas gruesas) a absorber algo de la carga de los vehículos. En el caso de pavimentos de adoquín la carpeta asfáltica se sustituye por las capas de asiento y el propio adoquinado.

Losa de concreto hidráulico.- Elaborada con concreto de alta resistencia a la flexión y al desgaste, funciona como una supercarpeta y base simultáneamente.

## 2.1.b ESTABILIZACION DE SUELOS.

Con este recurso se pretende hacer más "estable" a un suelo. La estabilización es un asunto económico, para abaratar el costo de una capa de -- pavimento.

Los siguientes casos pueden justificar una estabilización:

- a) Un suelo de subrasante desfavorable (p.e. muy arcilloso).
- b) Materiales para base o sub-base en el límite de especificaciones.
- c) Condiciones de humedad desfavorables.
- d) Cuando se necesite una base de calidad superior, como en una autopista.
- e) En repavimentación, aprovechando los materiales existentes.

Los materiales más usados para mezclarlos con suelo para formar capas de pavimento son: el cemento, la cal, y el asfalto.

La estabilización de cemento Portland, es la más ampliamente usada en el mundo. Es muy sencilla de hacer y no se necesita equipo especial de -- construcción.

Al mezclar el suelo con cemento, se produce un nuevo material, duro, con mejores características que el usado como agregado. Pueden usarse todos los suelos para efectuarla, excepto los altamente orgánicos, aunque -- los más convenientes son granulares, de fácil disgregado. Los limos, las arenas limosas y arcillas, así como los tepetates, todas las gravas y arenas, son agregados adecuados para producir este material suelo-cemento, -- que tiene tan excelentes cualidades, que respecto a la de los suelos granulares son:

- a) Es más resistente y como capa base reparte las cargas a una mayor area, permitiendo así reducir el espesor de las capas. Espesor de suelo cemento  $\dot{=} 0.6$  espesor suelo granular.
- b) Es más impermeable.
- c) Es muy resistente a la erosión del agua.
- d) En presencia de la humedad, en lugar de perder resistencia, la aumenta bastante.
- e) Al secarse no pierde compactación, como muchos suelos granulares.
- f) Su resistencia aumenta con el tiempo. Es mayor ese incremento que en -- concreto normal.
- g) Tiene mayor módulo de elasticidad, es más rígido.

La cantidad de cemento varía con el tipo de suelo, siendo menor si el suelo es poco arcilloso. Para limos finos arenosos, con  $50 \text{ Kg/m}^3$  de suelo compactado, puede producirse una base o sub-base de buena calidad. Con cantidades de  $100 \text{ Kg/m}^3$  de suelo compacto, se obtiene un material para base -- que supera al obtenido con grava triturada y con menor costo. Estas cantidades de cemento corresponden de un 3 a 6 % en peso.

Si se dispone de una planta mezcladora será para hacer la mezcla, de mejor calidad. Si no, ésta se puede hacer con motoconformadora, aumentando ligeramente el cemento, por deficiencias del mezclado.

Con dos motoconformadoras se puede hacer entremezclados y tendido, -- tramos de suelo cemento de 200 m de largo, 15 m de ancho y un espesor de -- 10 a 15 cm, en una jornada de 4 a 6 hrs.

Este es el tiempo máximo para empezar a compactar la mezcla, y se usa el mismo equipo que para suelos sin cemento.

Obteniendo a 7 días una resistencia de  $20 \text{ Kg/cm}^2$  se garantiza una calidad adecuada para bases de pavimento flexible o rígido, para tránsito -- ligero y regular.

El procedimiento de construcción consta de las fases siguientes:

- a) Pulverización o desgrumado.
- b) Mezclado de cemento y agua.
- c) Compactación.
- d) Curado de unos 7 días.

El requisito de compactación es igual que para suelos no tratados con cemento 90 % mínimo.

## 2.1.c. PROCEDIMIENTO PARA "PASAR NIVELES."

Para la construcción de las obras que éste y los siguientes capítulos tratan, es necesario saber por lo menos como pasar niveles. Es un procedimiento muy sencillo, que generalmente algunos de los habitantes involucrados en la autoconstrucción de una obra determinada, lo saben, sin embargo enseguida se da una breve explicación:

Para "pasar niveles" se deberá contar con una manguera de nivel, que no es más que una manguera común y corriente pero transparente y de una longitud adecuada, que puede ser de unos 10 m. Una vez llena de agua, uno de sus extremos se coloca en el nivel de referencia que se desea pasar, haciendo coincidir el nivel del agua contenida en la manguera con el nivel de referencia y, al otro extremo de la manguera, (que previamente se habrá colocado en el lugar donde se desea pasar el nivel de referencia), el nivel del agua será el mismo que el nivel de referencia, Fig 2.2 . Se deberá tener cuidado en el momento de estar pasando los niveles, que el agua de la manguera no contenga burbujas y que ambos orificios de los extremos estén destapados.

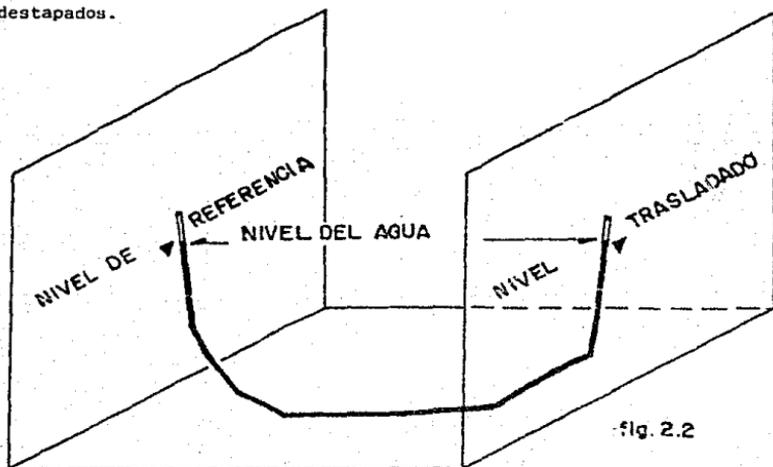


fig. 2.2

## 2.2 DISEÑO.

### 2.2.a INTRODUCCION.

De las variables de insumo del proceso de diseño de un pavimento, el tránsito que lo usará es de las más importantes.

Los pavimentos deben estar diseñados para soportar las cargas que los vehículos les transmiten con sus llantas. Para efecto de diseño se sigue la experiencia norteamericana, se ha adoptado una "carga eje sencillo" de diseño, de 8200 Kg. Actualmente todos los métodos de diseño de pavimentos -- consideran el tránsito de todos los vehículos que usarán el pavimento, para una vida de diseño de 20 a 25 años. Se determina el volumen de tránsito de cada tipo, al momento de construir el pavimento. Se convierte cada tipo de vehículo a carga eje sencillo de diseño, de 8200 Kg generalmente, y se cuantifica el número de esas cargas para 20 a 25 años, considerando la tasa de aumento anual del 4 % generalmente. Para calles de Tipo residencial, esto puede ser de menos de 1000 cargas estándar (de 8.2 ton/m) hasta el -- tránsito acumulado para una calzada o calle comercial, con muchos autobuses, que puede ser de cerca de 30 millones de cargas estándar.

### PAVIMENTOS RIGIDOS.

Los pavimentos típicamente rígidos, son los de concreto. Estos pavimentos difieren mucho de los de tipo flexible. Los pavimentos de concreto reciben la carga de los vehículos y la reparten a una área muy grande de la subrasante. La losa, por su alta rigidez y alto módulo elástico, tiene un comportamiento estructural de viga. Ella absorbe prácticamente toda la -

carga. Estos pavimentos han tenido un desarrollo bastante dinámico, de acuerdo al adelanto tecnológico y científico correspondiente a las estructuras de concreto.

Existen diferentes tipos de pavimentos de concreto, que son:

- a) Pav. de concreto simple, sin varillas pasajuntas.
- b) Pav. de concreto simple, con varillas pasajuntas.
- c) Pav. de concreto reforzado (refuerzo continuo).
- d) Pav. de concreto preesforzado.
- e) Pav. de concreto reforzado con fibras cortas de acero.

El caso más común y corriente es el "a", y son los pavimentos que aquí se presentarán y se les llamará simplemente pavimento de concreto.

El "talón de Aquiles" de los pavimentos de concreto, son las juntas que se tienen que diseñar y construir para controlar los cambios de volumen, inevitables, que se producen en ellos por los cambios de temperatura.

El diseño estructural de pavimentos de concreto es eminentemente racional, a diferencia de los de tipo flexible, que es empírico. Se aplica la Teoría de la Elasticidad. El Dr. Westergard, fué el primero que desarrolló una Teoría para el diseño de pavimento de concreto. Después Pickett y otros ingenieros, trabajando en equipo, como los del Instituto del Cemento y del Concreto (E.U.A.), han modificado los trabajos de Westergaard, produciendo ecuaciones, gráficas y monogramas de mucha utilidad para el completo diseño de los pavimentos de concreto.

## PAVIMENTOS ADOQUINADOS.

Los pavimentos de adoquín han regresado triunfalmente. Ahora con la avanzada Tecnología del Concreto, las nuevas piezas que forman ese pavimento, tienen alta resistencia, formas y colores agradables, que permiten hacer el más hermoso pavimento de estos tiempos. Las enormes ventajas que ofrece este pavimento, han hecho que su uso tenga un incremento explosivo, construyéndose hoy millones de metros cuadrados de pavimentos de adoquín, en calles de ciudades, principalmente.

En especial estos pavimentos son adecuados para remodelar zonas de ciudades, de valor histórico o arquitectónico.

Los pavimentos de adoquín tienen las siguientes ventajas:

- Altamente estéticos.
- Fáciles de construir.
- Fáciles de reparar.
- Refrescan más el ambiente.
- Se abren al tránsito inmediatamente.
- Poco mantenimiento.
- De uso versátil.
- Su construcción sólo requiere equipo sencillo y personal no especializado.

## ADOQUINES DE CONCRETO.

Estas piezas de pavimento prefabricadas, deben cumplir con varios

requisitos geométricos y de resistencia, como: muestreo, forma, dimensiones, color, textura y resistencia a varios esfuerzos. A continuación se darán algunos valores de lo anterior.

**Muestreo.**- Una muestra normal, Consistirá en 10 adoquines enteros, por cada 15 mil o fracción, muestreados al azar, preferentemente, en la planta que los fabricó, y ensayandolos antes de su embarque a la obra.

**Forma.**- Pueden ser de cualquier forma, pero conviene que su figura no tenga cambios bruscos. La forma más conveniente es la rectangular.

**Dimensiones.**- No es fácil señalar las dimensiones de estas piezas, pero -- los siguientes son valores indicativos de uso normal:

Espesor - - - - - 60 a 100 mm ( $\pm 3$  mm)

Ancho - - - - - 60 a 125 mm ( $\pm 2$  mm) tolerancias

Largo máximo - - - - - 220 mm ( $\pm 2$  mm)

**Color.**- El color de los adoquines puede ser de todo el arcoiris, siempre y cuando el aditivo que se use no altere las propiedades de concreto.

**Textura.**- La textura debe ser fina, para ser impermeables. El agregado usado, por tal motivo, debe ser fino, con algo de material retenido en la malla número 4. Generalmente las arenas, con algo de granzón, son el agregado adecuado.

**Resistencia al desgaste.**- Los adoquines deberán tener una adecuada resistencia al desgaste, la cual se logra al usar un agregado adecuado y una dosificación con cemento Portland en buena cantidad.

**Resistencia a la flexión.**- En los adoquines, igual que en las losas de con

creto de pavimentos el esfuerzo crítico es el de la flexión. Por lo tanto, lo más conveniente es especificar una resistencia a la flexión o módulo de ruptura, (MR). Este módulo de ruptura es un 15 % aproximado de la resistencia a la compresión determinada -- como sigue:

En probetas cúbicas cuyas dimensiones deben ser de un espesor igual al del adoquín, a través del cual se aplica la carga de compresión.

La resistencia a la compresión de los adoquines debe ser de  $300 \text{ Kg/cm}^2$ . Es difícil que un adoquín se fracture. Cuando esto sucede la calidad -- del adoquín está muy por debajo de la mínima especificada. La falla -- puede ser por desgaste si el agregado usado en estas piezas no tiene la suficiente resistencia.

Cuando un adoquín falla estructuralmente, por lo general es a la -- flexión. Por esta razón, la resistencia a la flexión debe ser la base de diseño de estas piezas, como ya se explicó.

## 2.2.b DISEÑO SIMPLIFICADO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

Técnicamente, los pavimentos de concreto deben diseñarse y controlarse para una resistencia a la flexión del concreto usado. Se han obtenido en nuestro país algunas correlaciones entre la resistencia a la flexión.

Resistencia a la flexión = Módulo de ruptura = MR

Resistencia a la compresión = RC

MR = 0.12 RC

En general, el MR del concreto puede variar entre 0.9 a 0.19 de la RC.

El concreto que aquí se considera deberá tener una resistencia a la compresión de  $300 \text{ Kg/cm}^2$ , mínima a los 28 días de edad. Si se usará una resistencia de  $250 \text{ Kg/cm}^2$ , se deberá aumentar el espesor de la losa unos 2 cm.

Cabe recordar que las tablas de espesores consideran una vida útil del pavimento de unos 25 años y, si en un caso especial se requiere un pavimento de menos duración, se puede disminuir los espesores recomendados en las dos tablas siguientes:

TABLE 2.5  
PAVIMENTOS DE CONCRETO CALLES RESIDENCIALES  
ESTACIONAMIENTO DE AUTOMOVIL TRANSITO 1\*

### SUBRASANTE

CAPA		BUENA	REGULAR	POBRE
ESPEORES	LOSA	13	13	15
	SUB-BASE GRANULAR	0	10	10
	ESPESOR TOTAL (CM)	13	23	25

\* VER. TABLA 1.1

TABLA 2.6  
PAVIMENTOS DE CONCRETO CALLES RESIDENCIALES ALIMENTADORAS  
POCOS AUTOBUSES TRANSITO 2\*

		S U B R A S A N T E		
		BUENA	REGULAR	POBRE
ESPESORES	LOSA	15	15	17
	SUB-BASE GRANULAR	0	10	10
	ESPESOR TOTAL (CM)	15	25	27

\* VER TABLA 1.1

La zona de aplicación de este manual, tiene una subrasante BUENA, por lo que la columna sombreada indica los espesores de la losa para las 2 diferentes categorías de tránsito vehicular. Notese que contrariamente a los otros tipos de subrasante, no es necesario construir la capa sub-base.

#### 2.2.c DISEÑO SIMPLIFICADO DE PAVIMENTOS ADOQUINADOS.

En este manual se consideran los pavimentos adoquinados como de tipo flexible.

La capa de adoquines y su capa de asiento, al recibir la carga de los vehículos, la transmiten prácticamente igual a la capa siguiente que es la base de pavimento.

La fig. 2.3 representa una sección transversal de un pavimento adoquinado, y las tablas 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10 indican los espesores recomendados de sus capas.

\*\* VER TABLA 2.3



FIG. 2.3

CAPA DE ASIENTO.- Tanto los adoquines, como la capa base tienen pequeñas irregularidades. Además, para compactar la capa adoquinada, se requiere -- una capa no rígida que la sostenga. Por esos dos motivos, un pavimento de adoquín, incluye una capa de asiento, que preferentemente sea de arena limpia, sin nada de arcilla, ni cemento o cal. Su espesor debe ser un tercio del espesor del adoquín. Si la superficie de la base es muy irregular, -- quizá sea necesario hacer la capa de asiento de 5 cm. No conviene hacerla de mayor espesor, porque puede causar asentamientos en el adoquín, por la consolidación de la arena, a menos que esté bien compactada.

TABLA 2.7  
PAVIMENTOS ADOQUINADOS, BANQUETAS, PLAZAS Y ANDADORES  
TRANSITO A ‡

		SUBRASANTE		
		BUENA	REGULAR	POBRE
ESPESORES	ADOQUINADA	6	6	6
	ASIENTO	2	2	2
	BASE GRANULAR	0	6	10
	ESPEJOR TOTAL (CM)	8	14	18

‡ VER TABLA 1.1

TABLA 2.8  
PAVIMENTOS ADOQUINADOS, CALLE PARA PEATONES  
TRANSITO B +

		S U B R A S A N T E				
		BUENA		REGULAR	POBRE	
ESPESORES	ADOQUINADA	8	8	8	8	8
	ASIENTO	3	3	3	3	3
	BASE GRANULAR	0	0	10	15	-
	BASE SUELO-CEMENTO	-	-	-	-	10
	ESPESOR (CM)	11	11	21	25	21

TABLA 2.9  
PAVIMENTO ADOQUINADO, CALLES RESIDENCIALES,  
ESTACIONAMIENTO DE AUTOMOVILES  
TRANSITO 1\*

		S U B R A S A N T E					
		BUENA		REGULAR		POBRE	
ESPESORES	ADOQUINADA	10	10	10	10	10	10
	ASIENTO	3	3	3	3	3	3
	BASE GRANULAR	10	-	15	-	15	-
	BASE SUELO-CEMENTO	-	8	-	10	-	15
	SUB-BASE GRANULAR	-	-	-	-	10	-
	ESPESOR TOTAL (CM)	23	21	28	23	38	28

\* VER TABLA 1.1

TABLA 2.10  
PAVIMENTO ADOQUINADO, CALLES RESIDENCIALES ALIMENTADORAS,  
POCOS AUTOBUSES  
TRANSITO 2<sup>+</sup>

S U B R A S A N T E

CAPA	BUENA	REGULAR	POBRE
ADOQUINADA	10 10	10 10	10 10
ASIENTO	3 3	3 3	3 3
BASE GRANULAR	15 -	15 -	15 -
BASE SUELO-CEMENTO	- 10	- 14	- 12
SUB-BASE GRANULAR	- -	10 -	15 10
ESPESOR TOTAL (CM)	28 23	38 27	43 35

La columna *sombreada* indica los espesores de las capas del pavimento, adecuado para la zona de estudio del presente trabajo.

VER TABLA 1.1

### 2.3 CONSTRUCCION.

Esta parte del capítulo, es muy importante debido a que expone el -- procedimiento y especificaciones para la construcción de los tipos de pavimentos tratados en este 'manual', por lo que su cabal entendimiento aumentará las probabilidades de que la obra que se construya, cumpla con las - funciones para la que fué diseñada.

Los pavimentos, tanto de concreto y adoquín tendrán como cimentación a la subrasante, es decir, esta capa tendrá gran influencia en el funcionamiento del pavimento, por esta razón, se deberá tratar de construir de la mejor manera posible. En la zona de aplicación de este trabajo, prácticamente el único requisito que se debe cumplir para obtener una subrasante buena, es que la compactación se haga eficientemente. En la práctica, ésta tarea aparentemente sencilla, suele complicarse debido principalmente a la indisponibilidad de equipo adecuado para el trabajo, tal como un compactador manual de rodillo vibratorio. Por lo tanto, siempre que - sea posible se justificará rentar dicha maquinaria, pero de no poder ser así, se empleará el equipo de que se disponga, como los pisones de mano, tratando de complementar la compactación con el tráfico de un camión de volteo cargado, repitiendo la operación varios veces.

### 2.3.a CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

El procedimiento que se recomienda seguir para construir en pavimento de concreto es el siguiente:

- 1).- Determinar el espesor del pavimento. Se usarán las tablas 2.5 o 2.6.
- 2).- Determinar las dimensiones de los tableros del pavimento. Deberán -- ser de largo de 4.5 m. máximo y el ancho deberá coincidir con las líneas de los carriles, teniendo de 2.4 m. a 3.6 m de ancho.
- 3).- Nivelación, Conformación y Compactación del Terreno.

Para facilitar esta tarea se recomienda tomar como guía al nivel de la corona de las guarniciones. Para obtener el nivel de la superficie de la subrasante, es decir el nivel al que deberá quedar conformado el terreno o terraplen, se bajará del nivel de corona de la -- guarnición, la suma de la altura de la banqueta y el espesor del pavimento. (fig. 2.4)

También se deberá preparar el terreno, con el bombeo de tal forma -- que el agua escurra hacia los lados, dándole un 2% de pendiente transversal. (fig. 2.5)

En caso de que la calle por pavimentar no cuente con guarniciones -- que sirvan de guías, se podrá emplear el procedimiento para obtener los niveles para guarniciones recomendado en el siguiente capítulo. En las secciones de la calle en que sea necesario rellenar, se hará en capas de 15 cm, compactando una a una de la mejor manera posible--

GUARNICION TOMADA COMO GUIA  
PARA DETERMINAR EL NIVEL DEL  
PAVIMENTO.

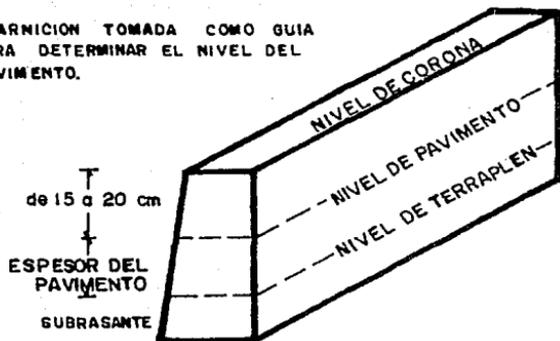


FIG. 2.4.

B O M B E O



FIG. 2.5.

de acuerdo a los recursos disponibles. Al mismo la capa formada por los últimos 15 cm de la terracería, (subrasante), se deberá compactar con especial cuidado, considerando lo expuesto al principio del subcapítulo.

- 4).- Trazo. Se trazarán con hilos a reventon y se marcará con cal sobre la calle los tableros, como lo muestra la fig. 2.6. Cabe aclarar que los tableros A y B no difieren en nada entre sí, así como de los dimensionados en el paso 2, excepto por su posición alternada, condición que se aprovechará como lo expone el siguiente paso.
- 5).- Cimbrado. Se cimbrarán primero los tableros A preferentemente con po lines, que se usarán a la vez como maestras, para indicar el nivel de la superficie del pavimento.  
Previamente al colado es necesario la colocación correcta del menor número posible de maestras que permitan al obrero guiarse para dar el nivel de terminación al pavimento.
- 6).- Colado. Se colocará el concreto sobre el terreno previamente preparado y cimbrado. A la vez que se le vaya dando su nivel de terminación al concreto, se irá compactando, picandolo con la pala o con una varilla.
- 7).- Acabado. Inmediatamente después se procederá a dar el acabado al pavimento, su superficie deberá ser perfectamente plana, sin abultamientos, para lograrlo es necesario contar con una regla que se colocará sobre las maestras para apreciar las irregularidades e ir corrigien-

TRAZO DE LOS TABLEROS  
O LOSAS PARA LA PAVIMENTA-  
CION DE UNA CALLE CON CONCRE-  
TO HIDRAULICO.

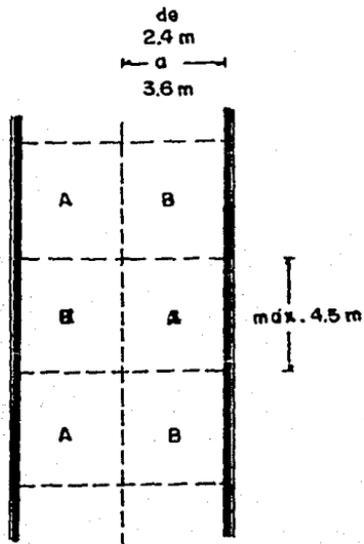


FIG. 2.6

dolas. También el pavimento de concreto debe tener una superficie an  
tiderrapante. Al "terminar" su superficie debe escobillarse adecuada  
y oportunamente para provocar esos pequeñitos surcos antiderrapantes.

8).- Curado del Concreto. Esta etapa es la de mayor importancia para ase-  
gurar la resistencia del concreto, ya que la omisión del curado, pue  
de hacer que se pierda hasta un 50 % de su resistencia. El curado de  
be iniciarse al momento de terminar el acabado de la superficie del  
pavimento. La manera más común de curar el concreto es con una lám-  
ina de agua, que no es más que regar con agua el pavimento.

NUNCA SE EXAGERA BASTANTE sobre la necesidad de curar el concreto --  
cuando menos los primeros 8 a 10 días. Hay grados de defecto de cura  
do, que harán que el concreto no pierda hasta la mitad de su resis--  
tencia, pero cualquier falta de él, disminuye la resistencia posible  
del concreto.

9).- Colado de los Tableros B. Previamente a este trabajo se deberán reco-  
ger las cimbras usadas y se habrán colocado las maestras en estos ta  
bleros. Se deberá seguir el mismo procedimiento constructivo al usado  
con los tableros A.

10).- Sellado de las Juntas y Grietas del Pavimento. Este trabajo debe ha  
cerse tan pronto como sea posible, antes de abrirse el pavimento al  
tráfico. La junta debe limpiarse perfectamente, sin dejar nada de pol-  
vo o partículas incomprensibles. Para sellar la junta se puede usar  
un cemento asfáltico Núm. 6 o una emulsión asfáltica viscosa. El se--

llo deberá estar 0.5 cm debajo de la superficie del pavimento.

#### RECOMENDACIONES ADICIONALES

En la práctica se han encontrado costumbres y omisiones en la mano de obra que disminuyen la calidad del pavimento y/o su vida útil, que por su frecuencia se mencionan a continuación:

- Los integrantes de las cuadrillas de tendido y acabado, acostumbran adicionar agua a la superficie del concreto, para facilitar su acabado. Esto provoca, al secarse la superficie, unas grietas molestas a la vista. No debe permitirse esa adición de agua. Si el concreto no permite buen acabado, debe modificarse su dosificación.
- Al retirar las cimbras de las losas, desprenden concreto de las orillas, que no vuelve a adherirse al resto de la losa, provocando un defecto que puede iniciar la fractura de la misma, por el agua o materiales que le penetran.
- En ocasiones, en los lugares donde se excava la terracería para construir un colector y en seguida, sin la debida compactación, se inicia la pavimentación. Este descuido puede originar grietas que dañan mucho al pavimento. Esta situación también afecta a los pavimentos adoquinados.

-- Elaboración del concreto. Se deberá hacer de la mejor manera posible para obtener los mejores resultados en la construcción del pavimento.

La proporción recomendable para la mezcla de concreto es por cada bulto de cemento, 3 botes de arena, 4 botes de grava y  $1\frac{1}{4}$  botes de agua. Los botes considerados son los alcoholeros de 18 litros.

Una forma adecuada de hacer la mezcla es:

En un piso limpio, nivelado y húmedo, se coloca la grava, después la arena y el cemento revolviéndose. Se agrega el agua poco a poco mientras se mezcla todo muy bien.

Es importante que todos los materiales que se mezclen, estén libres de basura y tierra. Cabe aclarar que el exceso de agua puede echar a perder la mezcla.

Cuando el concreto ya esté listo, se deberá aplicar de inmediato, antes de unos 45 minutos. Por esto es recomendable hacer solo la cantidad que se va a utilizar.

Para colar  $10\text{ m}^2$  de pavimento de 13 cm de espesor, serán suficientes las siguientes cantidades de materiales:

Cemento -----	11.8 bultos
Arena -----	36 botes
grava -----	45.5 botes
agua -----	14.5 botes

-- Acabado del pavimento. Para facilitar el terminado, al pavimento recién colado se le podrá esparcir cemento y empleando una "liana" se podrá pulir su superficie, para inmediatamente después escobillarla.

### 2.3.b CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS ADOQUINADOS.

La construcción de la subrasante en pavimentos de adoquín, no difiere en nada de la empleada en pavimentos de concreto. La capa base, necesaria para los tipos de tránsito 1 y 2 (tablas 2.9 y 2.10), se podrá construir - de acuerdo a lo expuesto en la introducción de este capítulo, ya sea una - base granular o estabilizada.

La capa adoquinada y la capa de asiento, (fig. 2.3), tiene su técnica especial de construcción. Son esencialmente artesanales, ~~manuales~~. El mate rial de la capa de asiento, debe ser de una arena limpia, sin nada de arcilla. Esta arena se coloca sobre la base. No debe mezclarse cemento ni cal. No debe ser rígida. Esto es para que no se quiebre y cuando se tengan que levantar algunos adoquines, no se dificulte esta operación.

La colocación de los adoquines requiere mucho cuidado, para alinear y nivelar perfectamente las hileras de adoquines.

Al colocar los adoquines, el obrero tiene que ir pisando sobre los -- adoquines ya colocados. No debe pisarse la capa de asiento. Los adoquines se alinean perfectamente mediante hilos a reventón y se nivelan dándoles - golpes leves con un marro ligero. Los adoquines deberán quedar separados - entre sí 4 mm más o menos.

Es conveniente que cuando se tenga una área adecuada, se compacten -- los adoquines, usando preferentemente una aplanadora ligera, de unos 1000 Kg. de peso total, pero el procedimiento a emplearse se deja al buen críte

rio y recursos, de las personas que tengan a cargo la obra.

Posteriormente a la compactación de la capa adoquinada, se procede a sellar las juntas de los adoquines, usando arena limpia y fina, depositando este material y simultaneamente compactando los adoquines, para llenar por completo las juntas.

Por último se barre la arena sobrante y se puede abrir el pavimento al tránsito. No está de más insistir que se respete las especificaciones de diseño de la capa de asiento, ya que es la fuente de muchos adoquinados dañados. Las causas son dos:

- a) Demasiado espesor de la capa.
- b) Demasiada rigidez.

La primera causa se debe a descuido en el nivel de la subrasante o base y para corregirlo, se coloca una capa de asiento muy gruesa, que se comprime o consolida con el peso de los vehículos, provocando irregularidades en la superficie adoquinada.

La segunda causa, exceso de rigidez, se debe a una errónea concepción del tipo de pavimento que forman los adoquines, que normalmente son flexibles, con lo cual la capa rígida ( arena con cemento o cal ) se fractura y desintegra, con un "bombeo" de las líneas en tiempo de lluvias, provocando serias deformaciones de la capa adoquinada. El caso de la mayoría de los pavimentos adoquinados del centro de la ciudad de México, es típico de esta falla por rigidez de esta capa.

## CAPITULO 3

### DRENAJE

### 3.1 INTRODUCCION.

Para evitar daños y molestias que ocasiona el escurrimiento superficial de las aguas de lluvia, es necesario contar con estructuras que las desalojen rápidamente y convenientemente, como son los sistemas de alcantarillado pluvial y obras secundarias o complementarias.

El sistema de alcantarillado pluvial es una buena solución técnica en la mayoría de los casos, pero de un costo elevado, por lo que atendiendo a razones de índole económico, en partes donde ya esté funcionando un sistema de alcantarillado sanitario de aguas negras, podrá ser utilizado para el desalojo de las aguas pluviales.

En caso de que sea manifiesta la incapacidad de conducción de la tubería instalada, para funcionar adecuadamente con las nuevas condiciones que se le impondrán al adicionarle a las aguas negras las aguas de lluvia, o que la red existente esté en malas condiciones, se tratará de rehabilitar el sistema con uno o varios de los procedimientos siguientes:

- a).- Reconstruyendo el tramo o tramos que esten en malas condiciones, o -- que ofrezcan dificultades para efectuar su desazolve o limpieza periódica.
- b).- Construyendo conductos paralelos a los existentes que instalándose en la misma calle o calles paralelas, tengan la capacidad complementaria necesaria a la pre-existente para el desalojo adecuado de las aguas.

c).- Construyendo líneas de alivio o derivación a otros conductos que pueden ser de proyecto a estar ya en servicio, pero que en cualquier caso tengan la capacidad requerida.

Generalmente los tubos que constituyen cualquier alcantarillado son tubos de sección circular fabricados de concreto simple o armado, según sea su diámetro y profundidad a que se instalen, y en menos ocasiones se usan de otros materiales como PVC o asbesto cemento. Para los casos que comprende este "manual" los tubos que se emplearán serán de concreto simple, de diámetros de 30 cm mínimo y 45 cm máximo, ya que el uso de un diámetro mayor eleva grandemente el costo de la obra, lo que haría poco factible su financiamiento únicamente por parte de los propios usuarios. Con esta restricción quedan excluidas del alcance del presente trabajo aquellas calles por donde transite un gran caudal de aguas pluviales, debido a la topografía del lugar, o se hace la advertencia de que en esas partes, si se pretende construir de acuerdo a lo que aquí se indica, probablemente se presenten problemas de inundaciones en las lluvias de mucha intensidad o duración. Sin embargo la experiencia ha demostrado que por lo general los diámetros propuestos son suficientes para asegurar un nivel de servicio adecuado. Siendo más común el empleo de tubería de 30 cm de diámetro. Para escoger el diámetro o diámetros que se emplearán en el alcantarillado, con vendrá tener en cuenta los puntos siguientes:

a).- COMPARAR EL CAUDAL DEL AGUA QUE TRANSITA POR LA CALLE POR DRENAR CON EL DE UNA CALLE DE CARACTERISTICAS SIMILARES QUE YA CUENTE CON ALcantarillado.

- b).- CONSIDERAR LA POSIBILIDAD DE QUE LA RED POR CONSTRUIR, SEA AMPLIADA POSTERIORMENTE PARA DRENAR UNA AREA MAYOR A LA DE PROYECTO.
- c).- SI LA RED POR CONSTRUIR SERA DE VARIOS RAMALES, CONSIDERAR QUE EL -- DUCTO A DONDE CONVERGERAN LOS RAMALES AFLUENTES, CONDUZCA LA SUMA -- DE LOS CAUDALES VERTIDOS MAS EL PROPIO.

El sistema de alcantarillado se deberá proyectar para que el escurri miento de las aguas se efectue por gravedad, siendo esta una condición -- que por las características topográficas de la zona, es fácil de cumplir, ya que por lo general solo se debe hacer coincidir la pendiente de la tubería con la de la calle para que el agua escurra por gravedad, además de esta forma, se tendrá el mínimo volumen de excavación.

El sitio de vertido o descarga del sistema de alcantarillado más favorable, es comúnmente el mismo que la corriente del agua ha tomado de ma nera natural, ya que al escurrir libremente por la superficie de las calles por varios años, ha marcado su recorrido hasta el lugar de vertido, que en esta zona casi siempre es una barranca y, muy pocas veces vierte a un sistema de alcantarillado ya existente. La observación anterior tam-- bién muestra la posibilidad de diseñar el trazo de la red de alcantarilla do respetando el recorrido natural del agua, de hecho, casi siempre esta será la mejor alternativa, siempre y cuando se cumpla la condición de que el sistema de alcantarillado esté en todo su desarrollo en la zona de la calle.

Las obras secundarias o complementarias del sistema de alcantarillado que se tratan en esta obra, son las cunetas, elementos de captación y pozos de visita.

Las cunetas son pequeños canales en forma triangular localizados a - ambos lados de la calzada, cuya finalidad será la de encauzar el agua a - los elementos de captación o directamente a el lugar de vertido, siempre y cuando el perfil topográfico de la calle por drenar así lo permita, además de no causar mayores molestias en su recorrido. (fig. 3.1)

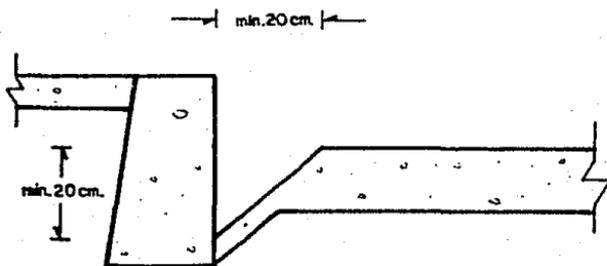
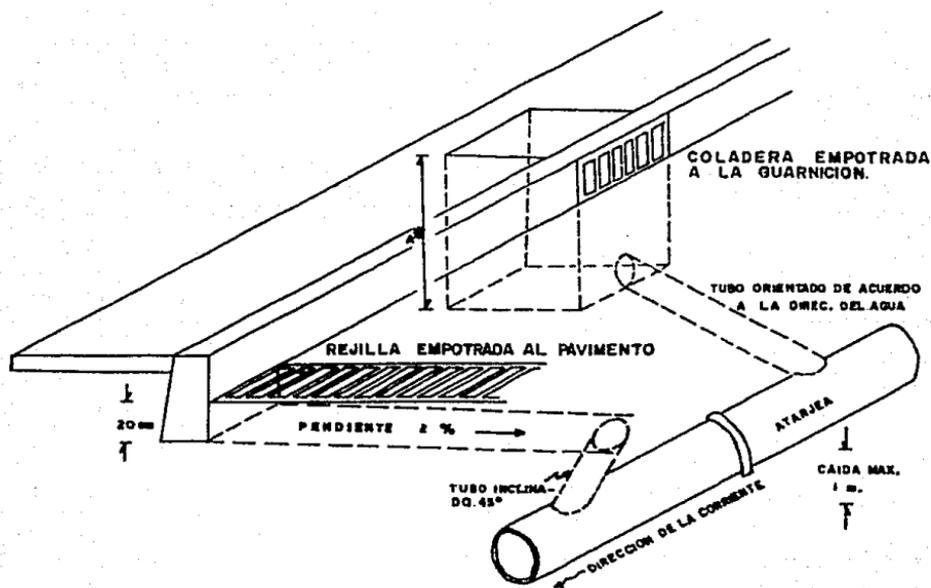


FIG. 3.1

Las obras de captación, como su nombre lo indica, tienen la función de recoger las aguas superficiales para introducirlas al drenaje. Pueden ser coladeras empotradas a las guarniciones o en calles de pendiente gran de convendrá que sean rejillas empotradas al pavimento. (fig. 3.2)

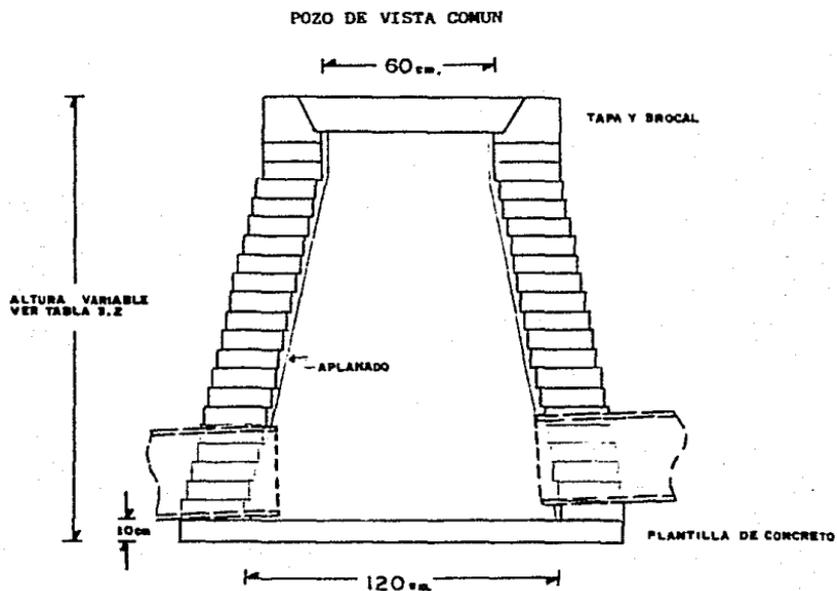
ELEMENTOS DE CAPTACION DE LAS  
AGUAS DE LLUVIA.



\* ALTURA VARIABLE. APROX. 1 m

FIG. 3.2

Dentro de las obras complementarias podríamos clasificar a los pozos de visita, que son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle, tienen como función facilitar las tareas de mantenimiento de la red. (fig. 3.3.)



PARA EL JUNTEO DE LOS TABIQUES Y EL APLANADO INTERIOR SE UTILIZARA MORTERO  
CEMENTO ARENA 1:3

FIG. 3.3

### 3.2. ESPECIFICACIONES.

#### TUBERIA.

Los tubos que se emplearán en la construcción del sistema de alcantarillado serán de concreto simple, de 30 cm de diámetro como mínimo y 45cm de diámetro como máximo. La longitud de los tubos ya colocados es por lo general de 1 m, pero también existen en el mercado tubos de 30 cm de diámetro con longitud efectiva o ya colocados de 0.8 m.

La ubicación de la red se tratará que sea siempre en la calle, y preferentemente al centro de ésta, en todo el recorrido o desarrollo del sistema.

El ancho de zanja que se tendrá que excavar para introducir la tubería, será de acuerdo al diámetro de la misma, y esta indicado en la tabla 3.1

TABLA 3.1

DIAMETRO DE TUBO	ANCHO DE ZANJA
30 CM	80 CM
45 CM	100 CM

#### PROFUNDIDAD.

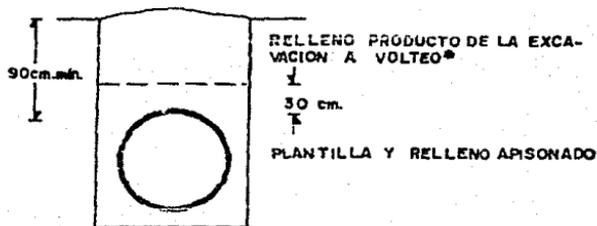
La profundidad mínima de la tubería será tal que sobre su lomo quede un colchón de por lo menos 90 cm., excepto en los sitios que por razones especiales se indiquen otros colchones. Por ejemplo, en una calle peato--

nal se podrá dejar un colchón menor.

La profundidad máxima de los conductos estará en función de la topografía del lugar, sin embargo en la zona de aplicación de este "manual", es muy común que los alcantarillados tengan la misma profundidad en toda su longitud, esto es debido a las facilidades que dan las pendientes en dicha zona.

#### ENCAMADO.

El encamado en que la tubería se apoyará, será un piso del material producto de la excavación, colocado sobre el fondo de la zanja que previamente estará arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa inferior de la tubería, el resto deberá ser cubierta hasta una altura cuando menos de 30 cm arriba de su lomo con el mismo material colocado cuidadosamente y perfectamente compactado, llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería. Ese relleno se hará en capas menores de 15 cm. En todas las juntas se excavarán conchas para facilitar el junteo de los tubos y evitar huecos. (fig. 3.4.)



\* Cuando se pretenda construir el pavimento en un lapso relativamente corto es recomendable compactar bien.

FIG. 3.4.

## PENDIENTES.

Se deberá revisar que la pendiente de la tubería siempre esté de acuerdo a la dirección del agua en todo su recorrido, se tendrá especial cuidado en el inicio de la red. Como se expuso al principio de este capítulo, se tratará de seguir la misma pendiente de la calle, pero en caso de no ser posible en algún o algunos tramos, de sobre todo en el inicio del conducto, se le dará como mínimo el uno por ciento de pendiente a los ductos. (fig 3.5)

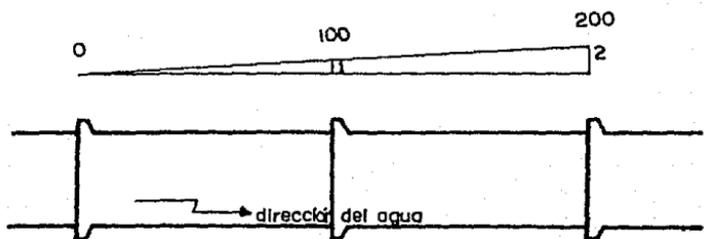


FIG. 3-5

En los cambios de pendiente, dirección, en las intersecciones de los conductos, así como al inicio de la red, se deberán construir los pozos de vista, (fig. 3.3.) serán suficientemente amplias para permitir dar man

tenimiento a los ductos.

#### MATERIALES DE CONSTRUCCION DE LOS POZOS DE VISITA.

Se construirán de tabique y en este caso el espesor mínimo de sus paredes debe ser de 28 cm.

Los tabiques se juntarán con mortero de cemento arena 1:3.

El pozo se desplantará sobre una plantilla de concreto de 10 cm de espesor de una proporción 1:2.5:2.5

Los pozos se aplanarán interiormente con mortero de cemento arena - 1:3 y el espesor del aplanado será como mínimo de 1 cm.

La tabla 3.2. da las cantidades de materiales necesarios para la construcción de los pozos de visita más usuales.

TABLA 3.2  
CANTIDADES DE MATERIAL  
POZOS DE VISITA

ALTURA TOTAL	ALTURA*	TABIQUES	CEMENTO	ARENA	GRAVA
1.3 M	1.1 M	295 PZAS.	7 BULTOS	43 BOTES	8 BOTES
1.5 M	1.3 M	345 PZAS.	8 BULTOS	49 BOTES	8 BOTES

NOTA: LOS BOTES QUE EN LA TABLA SE CONSIDERAN SON LOS ALCOHOLEROS DE 18 LITROS.

\* ALTURA UNICAMENTE DE LOS TABIQUES, SIN CONSIDERAR EL ESPESOR DEL BROCAL.

La desembocadura a la superficie de los pozos se deberá proteger con un brocal y tapa, que pueden ser de concreto armado o fierro fundido. Para abaratar el costo de estas piezas, las pueden hacer los mismos habitantes. La fig. 3.6. muestra las especificaciones que deberán cumplir las ta

pas y brocales de concreto armado. Para su fabricación se deberá contar con un molde metálico preferentemente, que se podrá mandar a hacer con un

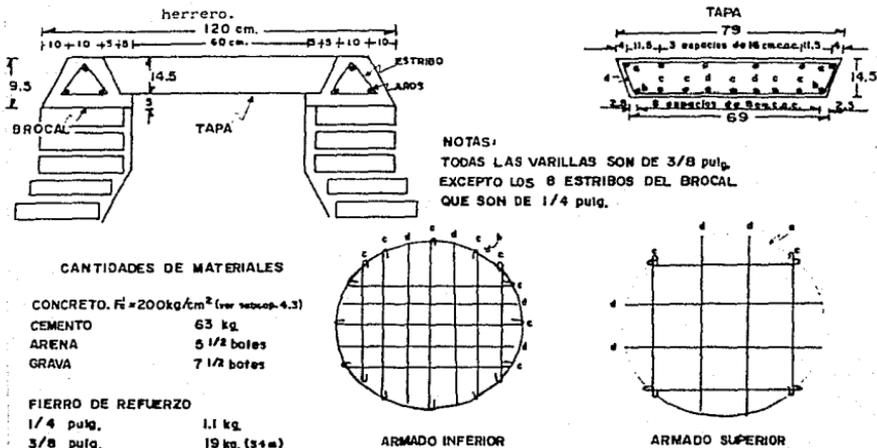


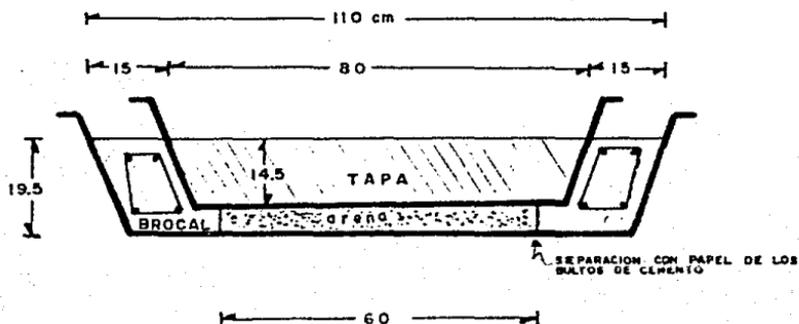
FIG. 3.6

En caso de que la cantidad requerida de juegos de tapa con brocal sea pequeña, de manera que no se justifique la inversión en el molde metálico, en lugar de éste se podrán usar un par de tinas de plástico que den las dimensiones lo más cercanas posible a las especificadas. (fig. 3.7) No es conveniente usar tinas metálicas a menos que sus paredes estén completamente lisas de tal forma que sea posible descimbrar. Cabe señalar -- que las tinas de plástico servirán para fabricar más o menos dos juegos de tapas con brocal, ya que se rompen fácilmente al descimbrar, en cambio

el molde metálico servirá para fabricar muchos más juegos, y que al final de la obra se pueden vender a los habitantes de otra calle o sección que vayan a construir otra red de drenaje.

La separación máxima entre dos pozos de visita deberá ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza, se recomienda que no exceda a 125 m.

Al final de la red se deberá tener cuidado que la tubería quede bien sujeta o anclada, en el caso de que el vertido sea a una barranca como -- generalmente sucede. (fig. 3.8)



NOTA: LAS PAREDES DE LAS TINAS DEBERAN ACEITARSE PREVIAMENTE AL COLADO.

FIG. 3.7

# ASEGURAMIENTO DE LA TUBERIA EN LA DESCARGA

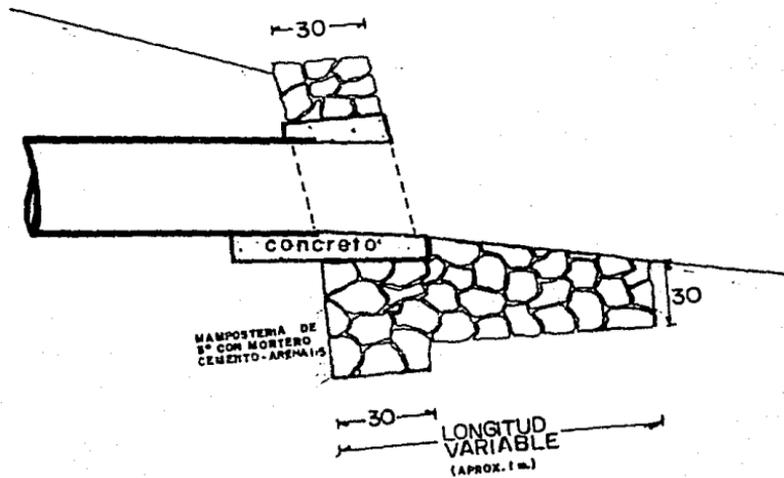


FIG. 3.8

### 3.3 CONSTRUCCION.

Esta parte del capítulo trata del procedimiento constructivo que se recomienda seguir en la práctica de la autoconstrucción de un sistema de alcantarillado.

Contrariamente a lo que comúnmente se hace en este tipo de obras, es recomendable comenzar la construcción de la red en el extremo opuesto al desfogue, ya que en general se inicia a construir del desfogue o lugar de vertido hacia atrás, de tal manera que conforme se va avanzando en su construcción, se les puede ir dando servicio al área o áreas inmediatas al desfogue, cuando ésto sucede, se ha observado en la práctica, que los habitantes de dichas areas al tener el servicio antes de que se concluya totalmente la obra, pueden perder el interes en seguir participando en los trabajos, haciendo más difícil la terminación de la red. En cambio si la sección inmediata al desfogue es la última que se construye, la red de alcantarillado no se podrá usar hasta su terminación total. La observación anterior tiene mayor validez cuando el alcantarillado que se construye, está destinado a drenar conjuntamente aguas pluviales y negras, como comúnmente sucede en esta zona, y de ser éste el caso se podrán seguir las mismas especificaciones y recomendaciones dadas en el presente trabajo.

El orden que se aconseja seguir en la construcción de un sistema de alcantarillado es el siguiente:

### 1) UBICACION DE LOS POZOS DE VISITA.

Para facilitar la tarea de ubicar los pozos se puede considerar que va a haber una similitud entre las características de la calle y de la red de alcantarillado, de dicha consideración resultan las reglas para ubicar los pozos, las cuales son:

- En los cambios de dirección de la calle.
- En los cambios pronunciados de pendiente de la calle.
- En las esquinas.
- Además se colocarán el inicio de la red y en ningún caso habrá una distancia mayor a 125 m. entre pozos.

### 2) TRAZO DE LA ZANJA.

Se trazará la zanja con la ayuda de un hilo a reventón que se colocará de centro a centro de los pozos de visita. Se dejará marcada la zanja con cal poco antes de iniciar la excavación. Se deberá respetar el ancho dado por la tabla 3.1. Los pozos también se podrán dejar marcados con un círculo de 1.8 m. de diámetro.

### 3) EXCAVACION.

Se excavará la totalidad de la zanja comprendida entre dos pozos de visita, inclusive las cepas para éstas estructuras. Para llevar el control de la profundidad de la cepa se podrá colocar un hilo guía que deberá tener la misma pendiente que se le dará a la tubería en esa sección, (que generalmente será la misma de la calle). Del hilo guía a el fondo de la cepa siempre deberá haber la misma profundidad como lo muestra la fig.

HILO GUIA PARA LA EXCAVACION DE LA ZANJA.

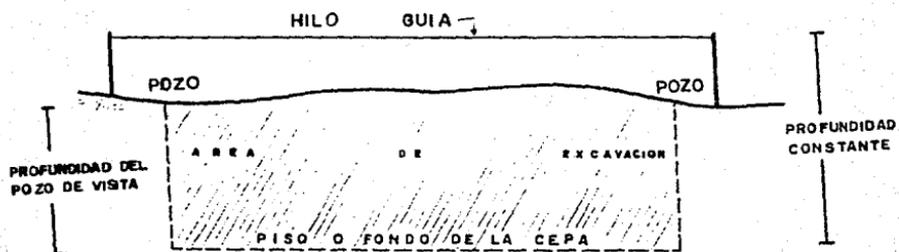


FIG. 3.9

#### 4) COLOCACION DE LOS TUBOS.

Previamente a la colocación de los tubos, se preparará el encamado - según lo expuesto en las especificaciones del subcapítulo anterior. Los - tubos se irán colocando cuidando su pendiente, para lo cual se podrá aprovechar el hilo gafa del paso anterior. Las juntas se deberán sellar con mortero cemento arena 1:3.

Con la revoltura de un bulto de cemento deberá ser suficiente para juntar por lo menos 35 m de tubería de 30 cm. de diámetro, o 25 m de --- 45 cm de diámetro. Las campanas de los tubos deberán estar en contra de - la dirección del agua, como lo muestra la fig. 3.5.

#### 5) CONSTRUCCION DE LOS POZOS DE VISITA.

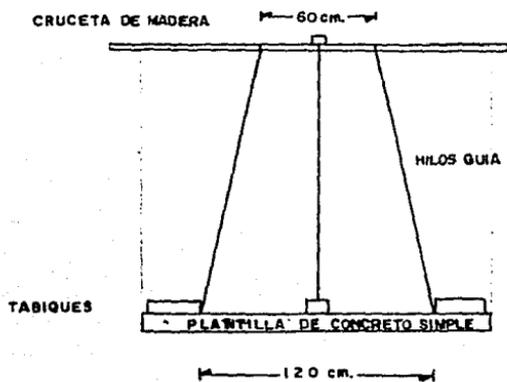
Generalmente se emplearán pozos hasta de 1.5 m de altura. Una forma de construirlos es como lo muestra la fig. 3.10

Para la construcción de las tapas y brocales, previamente al colado se aceitará el molde. Se podrá descimbrar después de 3 días del colado. - También se hará el curado del concreto por 4 días por lo menos.

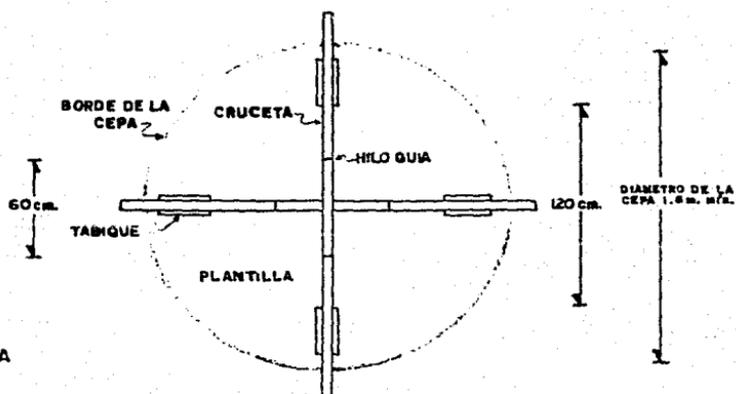
#### 6) RELLENO Y COMPACTACION

Esta tarea se hará de acuerdo a lo especificado en el subcapítulo - anterior. (fig. 3.4)

# CONSTRUCCION DE UN POZO DE VISITA.



PERFIL



PLANTA

FIG. 3.10

**CAPITULO 4**  
**OBRAS COMPLEMENTARIAS**

#### 4.1 INTRODUCCION.

Debido a las características topográficas de la zona de uso de este "manual", es frecuente que se presenten problemas que obstaculicen la construcción de alguna de las obras aquí tratadas, tales como tener que mantener desniveles de terreno, que la calle cruce a una barranca o que tenga mucha pendiente. Situaciones que han manifestado la necesidad de construir obras complementarias que permitan la realización o el uso adecuado de las obras viales. En este capítulo se proponen algunas de las obras auxiliares apropiadas para responder a las condiciones impuestas por la topografía y recursos disponibles de los habitantes de la zona. Además de que se tratan las obras complementarias, siguiendo la misma forma en que se han expuesto las obras anteriores, en cuanto diseño, especificaciones y recomendaciones para su construcción. Las obras auxiliares que se presentan son: Muros de contención, Puentes peatonales y/o vehiculares y Escalinatas.

También se ofrece un método para obtener los niveles de las guarniciones de una calle, importante obra por elevar la seguridad del tránsito peatonal, además de que puede servir como nivel de referencia para la construcción de las demás obras, como el pavimento por ejemplo.

#### 4.2 MUROS DE CONTENCIÓN.

Para mantener una diferencia en los niveles del suelo de forma segura y por largo tiempo, se puede construir un muro de contención de mampostería, del tipo conocido como de tercera, o sea formado por piedras naturales sin labrar, unidas por mortero. Este trabajo se refiere exclusivamente a este tipo de muros de contención, por considerarlo como el que mejor se adapta a las condiciones que impone la práctica de autoconstrucción.

Los materiales que se emplearán en su construcción son los siguientes:

**Piedras.**- No necesitan ser labradas pero se evitará el empleo de piedras de forma redondeada, cantos rodados y de laja. Por lo menos el 70 % del volumen del muro estará constituido por piedras de un peso mínimo de 30 Kg.

**Mortero.**- Estará formado por cemento arena en una proporción de 1:5. La cantidad de agua será la mínima necesaria para que el mortero alcance la máxima fluidez compatible con una fácil colocación.

**DRENAJE DEL MURO.** En todos los casos se recomienda que se incluya en la construcción de los muros de contención, un sistema de drenaje, que estará constituido por un tubo de 15 cm de diámetro, que puede ser de PVC, concreto, etc., que atravesará transversal o longitudinal al muro (fig. 4.1). A la espalda del muro se colocará una capa de piedra triturada de

30 cm de espesor, cuya profundidad estará limitada por los tubos, que se colocarán a una tercera parte de la altura del muro y a cada 3 m.

### MURO DE CONTENCION

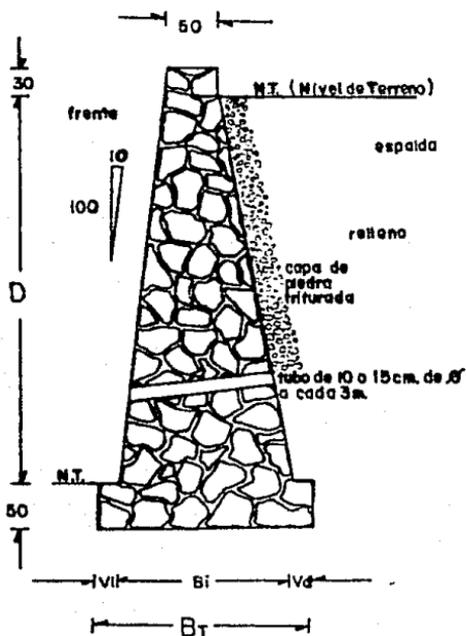


FIG. 4.1

**DISEÑO.** Se podrá usar la Tabla 4.1, únicamente será necesario saber el nivel que se tiene que contener. Esta tabla también indica las cantidades de material necesario para construir un metro de longitud de muro.

**CONSTRUCCION.** El muro se desplantará sobre una plantilla de mortero de

cemento arena, proporción 1 a 5, que permita obtener una superficie plana. Las piedras que se empleen deberán estar limpias y sin rajaduras. Se mojarán antes de usarlas. En las primeras hiladas se colocarán las piedras de mayores dimensiones y las mejores caras se aprovecharán para los paramentos. Las piedras se acomodarán llenando el hueco dejando por las otras piedras. Los vacíos se rellenarán completamente con piedra --chica y mortero.

TABLA 4.1

DESNIVEL(M)	DISEÑO (CM)				CANTIDADES DE MATERIAL PARA CONSTRUIR UN 1M DE MURO.		
	B+	Bi	Vi	Vd	PIEDRA(M <sup>3</sup> )	CEMENTO(BULTOS)	ARENA(BOTES)
1	74	74	-	-	1.88	3	26 1/3
2	115	91	10	14	3.51	5 1/2	49 1/4
3	150	110	5	35	5.42	8 2/3	76
4	195	155	10	30	7.9	12 1/2	110 3/4

NOTA: NO SE INCLUYE LAS CANTIDADES DE MATERIAL PARA EL DRENAJE DEL MURO.  
LOS BOTES SE CONSIDERAN DE 18 LTS.

#### 4.3 PUENTES.

Para poder cruzar rápido y seguro una barranca o el paso de las --  
aguas, es necesario contar con un puente, que puede ser vehicular y/o --  
peatonal, según sea el tránsito que genere la vía a la que se vaya a in-  
tegrar ésta estructura.

Con el fin de manejar las tablas de diseño, que se presentan, se --  
entenderá por "claro" a la distancia horizontal entre los estribos del  
puente. Los estribos son la cimentación del puente, son estructuras si-  
milares a los muros de contención que solamente difieren en dimensión y  
forma. El otro elemento que complementa a la formación del puente es la  
losa de concreto armado.

Para diseñar un puente, primero se deberá definir que tipo de trán-  
sito lo va a usar, es decir si va a ser usado por vehículos y peatones,  
o únicamente por peatones.

Un puente vehicular se podrá diseñar de la forma siguiente:

- a).- La losa se diseñará con el uso de la Tabla 4.2
- b).- Los estribos se diseñarán con el uso de la Tabla 4.4

Un puente peatonal se podrá diseñar de la forma siguiente:

- a).- La losa se diseñará con el uso de la Tabla 4.3
- b).- Los estribos se diseñarán con el uso de la Tabla 4.1

Los datos necesarios para poder usar las tablas de diseño correctamente son el "claro" y la altura de los estribos del puente. (fig. 4.2.)

El ancho del puente dependerá de los tipos de Tránsito que lo vayan a usar, es decir para tránsito peatonal será suficiente un ancho de 2 m. aproximadamente, mientras que para tránsito vehicular deberá ser de por lo menos un carril de 2.5 m. mínimo de ancho, además de las aceras o banquetas ubicadas a ambos lados del puente, que tendrán un ancho de 0.75 m. cada una, sin embargo, siempre que sea posible será mejor construir el puente con ancho suficiente para tener 2 carriles aparte de las aceras. Estos últimos elementos se construirán como se muestra en la fig. 4.3.a.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

# PUENTE.

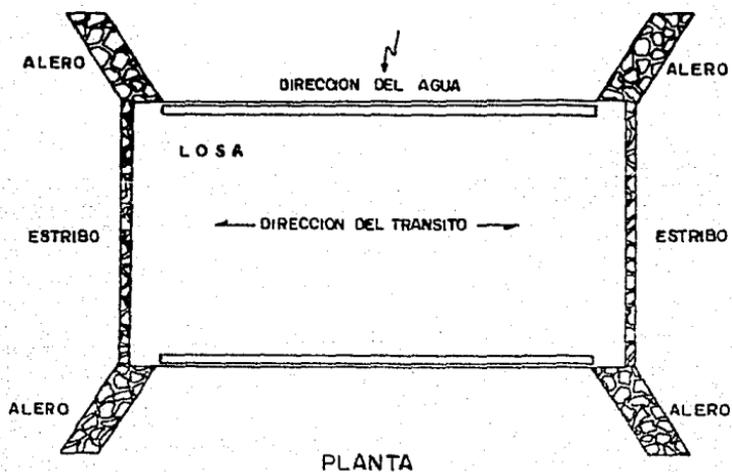
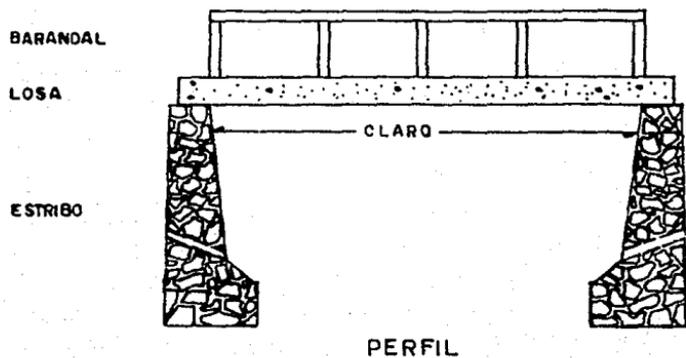


FIG. 4.2

TABLA 4.2  
 DIMENSIONAMIENTO DE PUENTES VEHICULARES.  
 LOSA PLANA DE CONCRETO ARMADO \*

DATOS DE PROYECTO:

C.V. = HS 15

CONCRETO  $f'c = 200 \text{ KG/CM}^2$

CLARO (M)	H (CM)	V A R I L L A S					
		(A)		(B)		(C)	
		DIAMETRO-SEPARACION (PULG)	(CM)	DIAMETRO-SEPARACION (CM)	(CM)	DIAMETRO-SEPARACION (PULG)	SEPARACION (CM)
2	18.0	1/2	8.0	3/8	12	3/8	30
						EN AMBOS SENTIDOS	
3	22.0	3/4	15.0	3/8	11.5	" "	"
4	25.5	3/4	12.5	3/8	11.0	" "	"
5	29.0	3/4	11.0	3/8	11.0	" "	"
6	32.5	1	17.0	3/8	10.5	" "	"

\* VER FIG. 4.3

TABLA 4.3  
 DIMENSIONAMIENTO DE PUENTES PEATONALES  
 LOSA PLANA DE CONCRETO ARMADO \*

DATOS DE PROYECTO  
 C.V. = 550 Kg/cm<sup>2</sup>  
 CONCRETO F'c = 250 Kg/cm<sup>2</sup>

CLARO (M)	H (CM)	VARILLAS					
		(A)		(B)		(C)	
		DIAMETRO-SEPARACION (PULG) (CM)		DIAMETRO-SEPARACION (PULG) (CM)		DIAMETRO-SEPARACION (PULG) (CM)	
2	7.5	3/8	10.5	3/8	27.0		
3	10.5	1/2	12.5	3/8	21.5	3/8	30
						EN AMBOS SENTIDOS	
4	13.5	3/4	19.5	3/8	18.0	"	"
5	17.5	3/4	13.5	3/8	13.5	"	"
6	21.0	3/4	12.0	3/8	13.0	"	"

\* VER FIG. 4.3

TABLA 4.4  
 DIMENSIONAMIENTO DE PUENTES VEHICULARES  
 ESTRIBOS.\*

CLARO (M)	H (M)	B (CM)	B (CM)	V (CM)	C (CM)	P (CM)
2	1.5	80	60	20	35	0
	2.0	105	85	20	37	0
3	1.5	65	50	15	37	0
	2.5	121	99	22	45	0
4	2.0	88	68	20	36	0
	3.0	145	100	45	42	50
5	2.5	95	62	33	39	25
	3.0	136	110	26	43	10
6	2.5	104	73	31	40	25
	3.0	132	97	35	44	25

\* VER FIG. 4.4

LOSA. ARMADO.

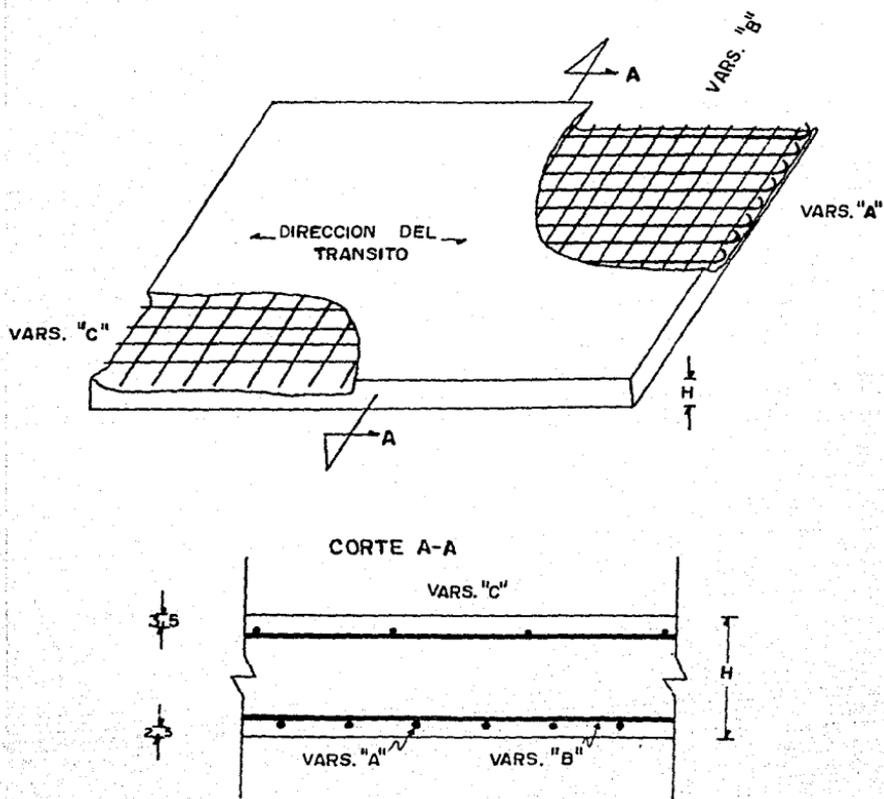
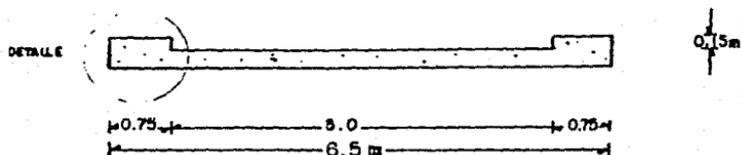


FIG. 4.3

LOSA ARMADA DE LA GUARNICION DE UN  
PUENTE VEHICULAR.

CORTE A-A



DETALLE

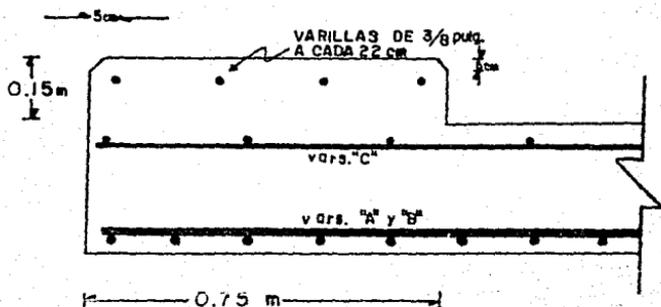


FIG. 4.3.a

# VARILLAS TIPO.



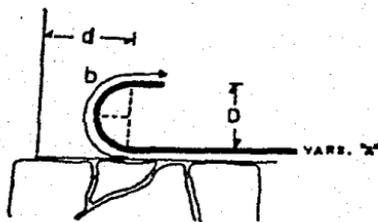
"A"



"B"



"C"



VARILLA PULGADAS	DIM. b d		
	CENTIMETROS		
$\frac{3}{8}$	6	12	7
$\frac{1}{2}$	8	18	9
$\frac{3}{4}$	12	26	12
1	17	36	14

FIG. 43.b

ESTRIBO.

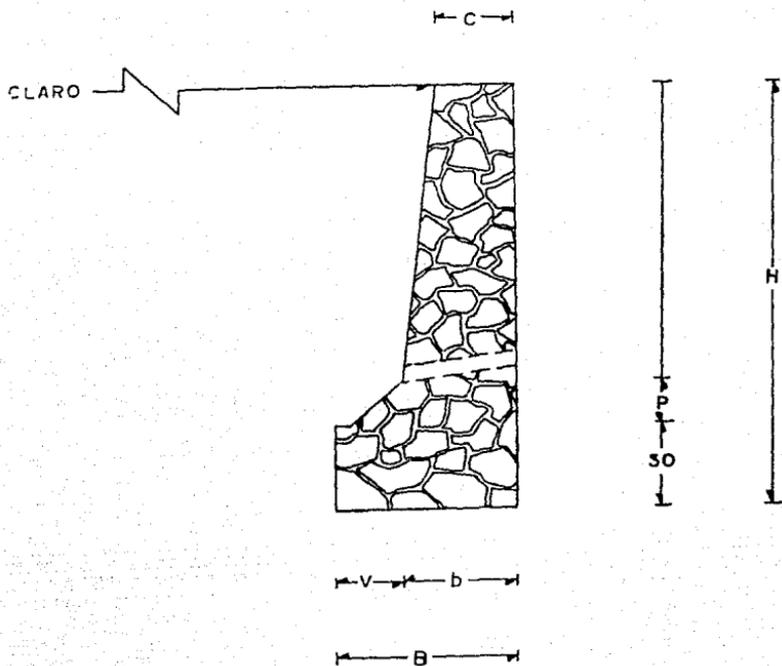


FIG. 4.4

ALERO.

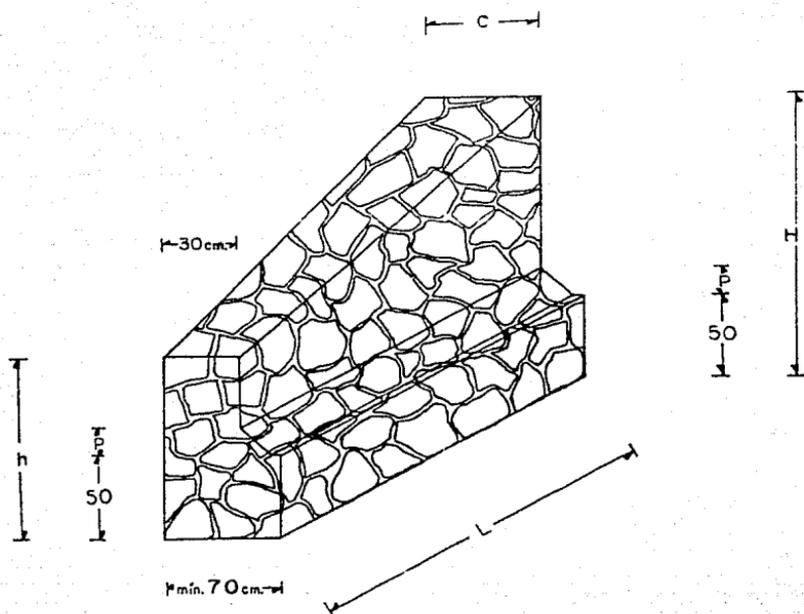


FIG. 4.4.a

**NOTA** Las dimensiones  $L$  y  $h$  quedan a criterio del proyectista pero, para puentes vehiculares se recomienda que no sean menores a 2 m. y 1 m. respectivamente.

CONSTRUCCION. Para la ejecución de la obra convendrá tener en cuenta -- los siguientes puntos:

a).- Estribos. Se seguirá el mismo procedimiento constructivo que el usado en los muros de contención, inclusive se deberá incluir el drenaje del mismo.

b).- Losa:

Cimbra. Debe ser lo suficientemente rígida para evitar movimientos y deformaciones ~~excesivas~~. La cimbra de madera deberá estar húmeda durante un periodo mínimo de dos horas antes del colado. Se recomienda cubrir los moldes con algún lubricante para facilitar el descimbrado. El tiempo que debe permanecer la cimbra, será el necesario para que el concreto alcance la resistencia suficiente para soportar su peso propio y otras cargas que actúen durante la construcción, este periodo de cimbrado no deberá ser menor de 2 semanas.

Acero. El acero de refuerzo debe protegerse durante su transporte, manejo y almacenamiento. Inmediatamente antes de su colocación se revisará que el acero no haya sufrido algún daño, en especial después de un largo periodo de almacenamiento. Se evitará el uso de acero con oxidación excesiva o que haya sido rescatado de alguna demolición. Se tratará en todos los casos de comprar la totalidad del acero a un solo proveedor autorizado.

Al efectuar el colado el acero debe estar exento de grasas, aceites, pinturas, polvo, tierra, oxidación excesiva y cualquier otra sustancia que reduzca su adherencia al concreto. Para puentes de

hasta 5 m de claro todos los dobleces de harán en frío en los de - 6 m y 7 m de claro, que utilizan varillas de una pulgada de diámetro, podrán ser calentadas para su doblez, pero no se admitirá -- que la temperatura del acero se eleve más de la que corresponde a un color rojo-café.

El acero debe sujetarse en su sitio con amarres de alambre, sille-  
tas o calzas y separadores, de resistencia y número suficiente pa-  
ra impedir movimientos durante el colado. Antes de colar debe com-  
probarse que todo el acero se ha colocado en su sitio y que se en-  
cuentra correctamente sujeto. Los traslapes deberán hacerse consi-  
derando las notas siguientes:

- a).- En lo posible deberán evitarse los traslapes en la sección --  
del tercio medio del claro del puente.
- b).- Cuando sea necesario traslapar más de la mitad de las vari-  
llas en un tramo de 40 diámetros, o cuando los empalmes se ha-  
cen en la sección media del claro, se deberá aumentar la lon-  
gitud de traslape en un 50 %
- c).- Las longitudes de los traslapes se indican en la Tabla 4.5

TABLA 4.5  
LONGITUD MINIMA DE TRASLAPE

DIAMETRO (PULG)	LONG. TRASLAPE (CM)
3/8	40
1/2	43
3/4	77
1	112

CONCRETO. La calidad del concreto que se emplee en la construcción del puente, será fundamental en el funcionamiento de esta estructura, razón por la que se deberá poner especial cuidado en la elaboración de este material, sobre todo en la calidad y proporciones de los materiales, -- así como en su transporte, colocación, compactación y curado.

El tamaño máximo del agregado será de 3/4". La proporción volumétrica del concreto será:

- a).- 1:2 1/2:2 3/4. para losas de puentes vehiculares, ( $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$ ).  
O sea que por cada bulto de cemento tolteca normal se mezclarán 70 lbs. de arena ( $4\frac{1}{2}$  botes aprox.), 80 lbs. de grava ( $5\frac{1}{2}$  botes aprox.), y 26 lbs de agua (1.5 botes aprox.)
- b).- 1:2:2 1/2. para losas de puentes peatonales, ( $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ ). O sea que por cada bulto de cemento tolteca normal se mezclarán 70 lbs.

de arena (4 botes aprox.), 80lts. de grava (5 botes aprox.), y 26 lts. de agua (1.25 botes aprox.)

Antes de efectuar el colado deben limpiarse los botes y carretillas en que se transportará el concreto y el lugar donde se depositará. Inmediatamente después del colado, el concreto se compactará con picado o preferentemente con vibrado mediante el uso de un vibrador.

El curado del concreto se deberá realizar mediante riegos de agua, de tal forma que permanezca en un ambiente húmedo por lo menos durante 8 días.

#### 4.4 ESCALINATAS O ESCALERAS EN LA VIA PUBLICA

Cuando la pendiente de la calle es mayor a 12 % , el tránsito no se podrá efectuar convenientemente, ya sea vehicular o peatonal. En este caso será más útil adaptar la calle para que por lo menos el tránsito peatonal se realice eficientemente, siempre y cuando exista otra vía alternativa para el tráfico, de no haberla, se analizará la factibilidad de "suavizar" la pendiente. Si se opta por dejar la calle únicamente para tránsito peatonal, lo que a continuación se presenta será de utilidad para diseñar en función del peatón. Generalmente la construcción de una escalinata, en calles con gran pendiente, constituye una buena solución. En seguida se dan las especificaciones necesarias para la construcción de una escalera en la vía pública. Cabe aclarar que las especificaciones que se presentan no son tan rígidas como lo son para los muros de contención o puentes, es decir se trata más bien de recomendaciones a las que se procurará ajustarse lo más posible.

La escalera deberá tener la misma forma del terreno de la calle, de tal manera que las pendientes de la calle y la de las escaleras sean las mismas, pero no se deberá pasar del valor límite que marca la Tabla

4.6

TABLA 4.6  
VALORES PARA LAS PENDIENTES EN ESCALERAS DE CAMINOS  
PEATONALES

TRANSITABILIDAD	PERALTE (CM)	HUELLA (CM)	PENDIENTES (%)
MUY COMODO	14.5	33	44
COMODO	15	32	47
ADMISIBLE	15.5	31	50
VALOR LÍMITE	16.5	30	55

La anchura mínima de las escaleras en caminos peatonales públicas será de 1.5 m, o mejor de 2.5 m. Es necesaria la iluminación. Se deberá dejar un descanso en la escalera después de 15 a 18 peldaños. El descanso tendrá por lo menos 1.3 m de largo.

Para facilitar la construcción de una escalera, se recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1).- Dependiendo de la pendiente de la calle se escogerán los valores del escalón tipo, (peralte y huella), de la Tabla 4.6.
- 2).- Sobre las bardas o paredes exteriores de las casas de un mismo lado de la calle, se dibujará o trazará la escalera. Se deberá tratar en lo posible de no variar las dimensiones de los escalones de la escalera, y cuando sea necesario hacerlo, se procurará que en la transición de una sección a otra con peldaños de diferente medida se construya un descanso, como lo muestra la fig 4.5.

3).- Se conformará el terreno de acuerdo al trazo del paso anterior considerando que se deberá pavimentar con concreto o adoquín, (ver tabla 2.8). Cualquiera que sea de los dos tipos de pavimento que se elija, se deberán seguir el procedimiento constructivo y especificaciones dados en el subcapítulo 2.3. Excepto que si se quiere pavimentar con concreto se hará con un espesor de 7 cm, y se podrá usar la misma proporción para la mezcla del concreto recomendada en el siguiente subcapítulo para la construcción de las guardaciones y banquetas.

# ESCALERAS PUBLICAS

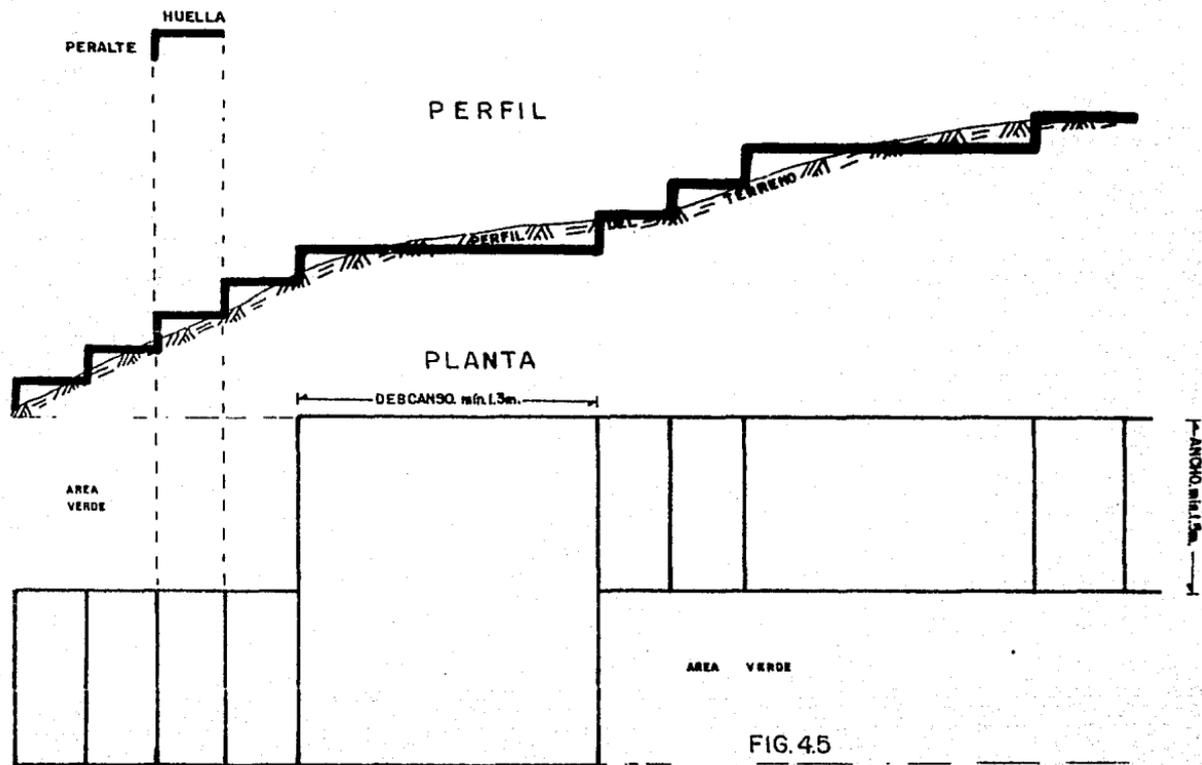


FIG. 4.5

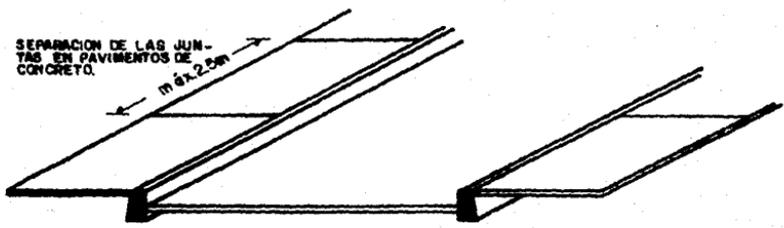
#### 4.5 GUARNICIONES Y BANQUETAS.

Las guarniciones son los bordillos que comúnmente se contruyen en los límites de la calzada o aceras, (fig. 4.6), su función es proporcionar mayor seguridad al tránsito peatonal, importante razón para realizar esta obra, además, si se considera que su construcción es fácil y económica, siempre se justificará incluir dicha estructura en todas las calles donde se pretenda desarrollar tránsitos peatonal y vehicular conjuntamente. Determinar los niveles a los que se construirán las guarniciones, es una tarea que suele complicarse, debido principalmente a las características topográficas de la zona de aplicación de este "manual". Considerando esta situación se propone el siguiente procedimiento, que consiste en simular a la guarnición con un hilo, de tal manera que colocandolo a diferentes alturas se pueda determinar el nivel más adecuado para su construcción. Cabe aclarar que su aplicación no conduce a un resultado único, ya que éste depende en parte del criterio del proyectista, (aunque generalmente se obtienen resultados similares). Por esta razón es conveniente que en una misma jornada se determinen todos los niveles de la guarnición de la calle, de acuerdo a los pasos siguientes:

1.- Se señalará la línea del centro de la calle colocando estacas a cada 10 m. aproximadamente, por cada una de ellas se pasará un hilo, de tal forma que queden unidas todas las estacas de la calle o, por lo menos en un tramo mayor de 100 m.

2.- Se iniciará a marcar los niveles de la corona de la guarnición, en la primera estaca que esté en una de las esquinas de la calle, con el propósito de que exista continuidad con las guarniciones y/o pavimento que pudieran existir en el lugar a donde desemboque la calle por trabajar, es decir

GUARNICIONES Y BANQUETAS.



MEDIDAS DE LA GUARNICION

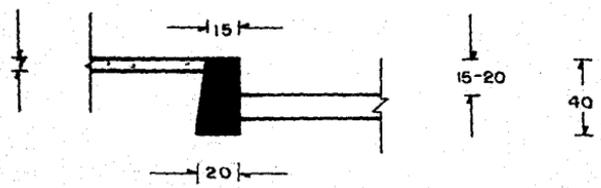


FIG. 4.6.

en esta primera marcación se deberá amarrar el hilo sobre la estaca a una altura más o menos igual a la de la guarnición de la otra calle, o alrededor de 20 cm. arriba del nivel de su pavimento, así mismo se deberán considerar los niveles de piso de las construcciones que se encuentren a los lados de ésta primera estaca.

3.- A la estaca siguiente de la primera se colocará el hilo a la altura que resulte de tomar como guía la pendiente de la calle. Este mismo procedimiento se seguirá en todas las demás estacas siguientes.

4.- Se revisará y de ser necesario se ajustará la altura del hilo en cada una de las estacas. La revisión se iniciará en la primera estaca, y se deberá considerar lo siguiente:

- Se evitará hacer cambios bruscos de pendiente del hilo alrededor de las estacas. En caso de ser necesario variar visiblemente la pendiente en el entorno de una estaca, se suavizará este cambio, colocando más estacas alrededor de la misma, en la cantidad necesaria para hacer gradual la variación de la pendiente. Sin embargo no es recomendable colocar estacas a una separación menor que 3 m.

- Se tratará de no cambiar el sentido de la pendiente del hilo o de la guarnición en toda la longitud de la calle o en secciones menores que 100 m.

5.- Se pasarán los niveles del hilo a ambos lados de la calle y se dejarán marcados con pintura en las bardas.

Las estacas que se empleen podrán ser varillas de unos 50 cm.

El procedimiento constructivo de las guarniciones, consta de las etapas siguientes:

1.- Trazo y nivelación. Para poder marcar la zanja donde se construirá la guarnición, previamente se deberá haber determinado el sitio, de acuerdo al procedimiento expuesto en el subcapítulo 1.4. El ancho de la cepa será de 40 cm. La nivelación se hará empleando varillas e hilo. Las varillas se colocarán en el límite entre la calzada y la banquetas, y a ellas se pasarán los niveles de la corona de la guarnición, antes determinados, y se unirán con un hilo, el cual servirá de guía para colocar la cimbra.

2.- Excavación. Del hilo para abajo deberá haber 40 cm. libres, (fig. 3.9).

3.- Cimbrado. La cimbra que generalmente se usa es metálica de forma rectangular de 40 cm de altura por 3 m de largo. Pero se podrá usar el tipo de cimbra disponible pero que garantice un acabado liso en la cara exterior de la guarnición.

La cimbra se colocará en pares, (fig. 4.7). Se sujetará con pares de varillas de por lo menos de media pulgada de diámetro y amarradas entre sí con alambre, y separadas con barritas de madera con largos de 15 cm. arriba y 20 cm. abajo.

La cimbra se podrá aceitar para facilitar el descimbrado. La guarnición deberá permanecer cimbrada por lo menos 4 días después del colado.

Colado. Se empleará la siguiente proporción para la mezcla del concreto:

Por cada bulto de cemento se emplearán 7 1/2 botes de grava, 5 1/4 botes de arena y 1 3/4 botes de agua. El volumen de concreto obtenido con estas cantidades de materiales será suficiente para colar poco más de 2.3 m. de guarnición.

COLOCACION DE LA CIMBRA

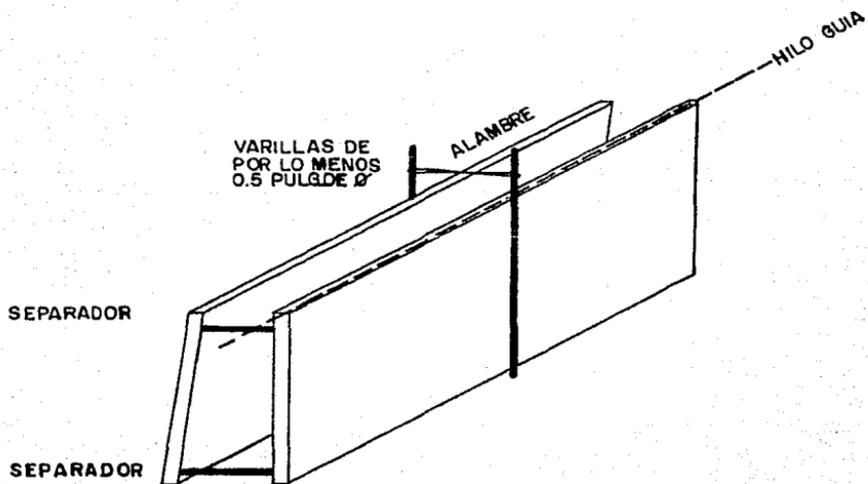


FIG. 4.7.

Así mismo como las demás estructuras de concreto, después del colado se deberá curar con riegos de agua durante unos 7 días.

Acabado. Se redondearán las esquinas de la guarnición con un "volteador" u otro instrumento que permita hacerlo.

Las banquetas o aceras se podrán construir en cuanto se cuente con las guarniciones. Para su construcción se podrá seguir el procedimiento dado en el subcapítulo 2.3., ya sea que se pretenda pavimentar esta área con adoquín o concreto. Si se elige este último tipo de pavimento se deberán considerar además las siguientes recomendaciones: se construirá de 7 cm de espesor, con el mismo proporcionamiento para la mezcla del concreto recomendado para las guarniciones, y dejando juntas transversales a cada 2.5 m aproximadamente (ver fig. 4.6). Las juntas podrán ser aserradas o preformadas, es decir se podrán hacer después del colado, (pero antes de unas 48 horas), con una sierra o, se podrán hacer colando tableros o losas espaciadas entre sí, mediante el empleo de cimbras, para posteriormente colar las losas intermedias. Todo el demás procedimiento constructivo no varía al expuesto en la parte de pavimentos de este trabajo.

**CAPITULO 5**  
**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

Es evidente que en el futuro la práctica de la autoconstrucción se intensificará entre gran parte de la población de la zona de aplicación de esta obra, al no tener mejor opción para contar con las obras públicas más necesarias.

Actualmente, a pesar de que varios de estos habitantes ya han participado en alguna obra de este tipo, es decir se cuenta con cierta calidad en la mano de obra, generalmente los resultados que se han obtenido no son buenos, lo que resulta lamentable debido a que la obra es el producto de haber librado una serie de obstáculos de diferente índole. La posibilidad de mejorar los resultados actuales estará condicionada a crear o mejorar los recursos necesarios para el desarrollo de esta actividad.

Este trabajo se ha hecho con un carácter práctico con el fin de que sirva de ayuda para la práctica de la autoconstrucción de cierto tipo de obras en el lugar predeterminado atendiendo casi exclusivamente al aspecto técnico, sin embargo, como ya se mencionó, existen otros factores que afectan en diferentes medidas esta actividad, de entre los que destacan los legales, sociales, económicos y políticos. Cada uno de estos factores podría ser motivo para hacer una obra de características similares a la presente, y se complementarían entre sí para formar un verdadero manual de autoconstrucción de obras públicas. Aún cuando este trabajo tiene aplicaciones prácticas importantes dentro de la zona que se ocupa, no ofrece información, (además de la técnica), sobre las implicaciones de construir una obra determinada en la vía pública, lo que limita considerablemente su alcance, siendo esta la razón por la que se ha evitado denominar como manual a la presente obra y cuando se ha hecho se han usado comillas.

Para ejemplificar como actúan factores distintos al técnico entorno a una obra de autoconstrucción cualquiera, como lo es una red de alcantarillado sanitario, se podrían citar los casos siguientes que comúnmente suceden:

Generalmente la gente que participa en este tipo de obra, ignora que tipos de trámites hay que seguir ante la delegación política, como la obtención de permisos y pagos de derechos de uso, aún cuando el costo total de la obra haya sido cubierto por ellos mismos.

Además de que por lo general no reciben ninguna constancia de que para realizar la obra ellos mismos aportaron material y la mano de obra, por lo que al considerar que existe la posibilidad de que las autoridades correspondientes les vayan a cobrar estos conceptos en el futuro, los desalienta en practicar la autoconstrucción correctamente, al preferir hacer obras provisionales y que en algunos casos les representa una erogación similar a la de una obra adecuada. Paralelamente a estos eventos, también acontece con frecuencia que no todos los dueños o habitantes de los lotes que se van a servir de la obra participan en los trabajos ni cooperan económicamente con sus vecinos, alentados en la posibilidad real de tramitar su servicio ante la delegación una vez que se haya terminado la obra y ésta pase a la administración de dicha dependencia gubernamental.

Lo anterior nos lleva a concluir que si se quiere mejorar la calidad de las obras públicas autoconstruidas, que sin duda se seguirán realizando, las autoridades capitalinas al reconocerse como incapaces de proporcionar la totalidad de estas obras, deberán establecer o definir los lineamientos legales tendientes a estimular esta práctica.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- DIETER PRINZ: PLANIFICACION Y CONFIGURACION URBANA; EDICIONES G. GILI S.A. DE C.V., MEXICO 1986.
- 2.- INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM: RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERIA; INSTITUTO DE INGENIERIA. UNAM, MEXICO 1975.
- 3.- JESUS MONCAYO: MANUAL DE PAVIMENTOS; CECSA, MEXICO 1980.
- 4.- FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM: NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LOCALIDADES URBANAS DE LA REPUBLICA MEXICANA; F.I. UNAM, MEXICO 1985.
- 5.- S.O.P.: PROYECTOS TIPO DE PARA OBRAS DE DRENAJE PARA CARRETERAS; SOP, MEXICO 1962.
- 6.- INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO. NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL D.F.; INSTITUTO DE ING. UNAM, MEXICO 1977.
- 7.- UNAM: MANUAL TOLTECA DE AUTOCONSTRUCCION Y MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA; SERVICIOS PROFESIONALES TOLTECA, MEXICO 1984.
- 8.- JUAREZ BADILLO: MECANICA DE SUELOS TOMOS I Y II; LIMUSA 2a EDICION, MEXICO.