

DESCARTE

103

MONOGRAFIA DE DRENAJE Y DESAGUES

EN CALINOS CARRETEROS

PRESENTADA COMO

T E S I S

EN SU EXAMEN PROFESIONAL

DE

INGENIERO CIVIL

POR EL SR. D.

ALFREDO LOPEZ ESCOBARRIZAR

MARZO DE 1929.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Tema que deberá desarrollar y presentar como tesis en su examen profesional de Ingeniero Civil el pasante señor Alfredo López Esnaurrizar:

1o.--INFLUENCIA DE LOS BUENOS DESAGÜES Y DRENAJE EN LA CONSOLIDACION DE LA CALZADA EN UN CAMINO CARRETERO.

2o.--TIPOS DE OBRAS DE ARTE EMPLEADOS EN LOS DESAGÜES Y SISTEMAS QUE SE SIGUIEN EN EL DRENAJE.

El alumno deberá presentar planos tipos, cálculo y presupuesto sobre casos concretos de las obras de arte y drenaje antes mencionados.

México, D.F., a 29 de diciembre de 1923.

C. Daza (Rúbrica).

El drenaje de un camino es el elemento de construcción que tiene doble objeto:

1o.-Hacer derramar y correr hacia afuera las aguas de lluvia que caen sobre el camino sin permitir que lo humedezca demasiado (DRENAJE SUPERFICIAL).

2o.-Hacer descender el nivel de las aguas subterráneas hasta una profundidad suficiente para que no saturen, ni menos encharquen, el sub-grado del propio camino (SUB-DRENAJE).

El DESAGÜE tiene por finalidad hacer que las aguas exteriores no lleguen al camino (contra-cunetas) o pasen por debajo de él sin perjudicarlo (alcantarillas y puentes).

El estudio se hará dividiéndolo en cuatro capítulos:

I.-INFLUENCIA DEL DRENAJE Y DE LOS BUENOS DESAGÜES EN LA CONSOLIDACION DE LA CALZADA DE UN CAMINO CARRETERO.

II.-DRENAJE SUPERFICIAL

III.-SUB-DRENAJE

IV.-DESAGÜES.

V.-CALCULOS DE LA SECCION HIDRAULICA Y PRESUPUESTOS DE ALCANTARILLAS Y PUENTES CONSTRUIDOS POR EL SUSTENTANTE.

Nota.-La influencia del drenaje y de los buenos desagües en la consolidación de la calzada de un camino carretero se tratará, en lo general, en el capítulo I y en detalle, según sea el caso, en los demás capítulos.

CAPITULO I.

INFLUENCIA DEL DRENAJE Y DE LOS BUENOS DESIGUES EN LA CONSOLIDACION DE LA CALZADA DE UN CAMINO CARRETERO.

El sub-grado, formado usualmente de tierra natural, tal como se encuentra en el terreno, sobre el que se construye el pavimento, debe soportar las cargas que le son transmitidas por éste. El sub-grado de tierra, cuando se reviste, queda protegido del desgaste producido por el tráfico, pues los vehículos ruedan sobre la superficie artificial y ella transmite las cargas al sub-grado distribuyéndolas en áreas mayores que si las ruedas se apoyaran sobre el sub-grado mismo.

La resistencia de la tierra para sostener una carga depende, en gran parte, de la humedad contenida en ella. Casi todas las tierras nativas forman una buena cimentación cuando están secas; pero si se hallan húmedas, pierden totalmente su poder de adhesión haciéndose suaves e incoherentes. El sub-grado humedecido se asienta o hunde fácilmente o sus partículas son forzadas a atravesar la super-estructura a través de los intersticios que puedan existir en ella; aunque, en cualquier caso, el pavimento, falta de apoyo en muchos puntos, o se alabea siguiendo la forma del sub-grado con depresiones y agujeros o se rompe.

Con objeto, pues, de que la superficie del camino se conserve firme y pareja es, evidentemente, de primera importancia que el drenaje conserve el camino si no completamente seco, nunca muy húmedo. El mejoramiento y mantenimiento de un camino es asunto, principalmente, de drenaje: impedir que las aguas exteriores inunden el camino (contra-cunetas, alcantarillas y puentes y subdrenaje) y quitar las que debido a las precipitaciones pluviales -

caiga sobre él antes de que lo sature y reblandezca (drenaje superficial). Los caminos sobre valles casi a nivel son más difíciles de mantener que los que se hallan en terrenos ligeramente quebrados debido, primordialmente, a la mayor dificultad de drenaje en el primer caso.

En climas fríos la importancia del drenaje aumenta a causa del peligro de congelación; pero ésta no tiene efecto sobre material seco, siendo elemento de peligro únicamente cuando el camino con tiene agua, es decir, cuando no está bien drenado.

El drenaje no siempre tiene por objeto secar completamente el camino, pues si éste es, por ejemplo, de arcilla debe conservarse constantemente húmedo, pues seco es casi intransitable; pero si es de arcilla, entonces sí debe conservarse continua y completamente seco. Así también la extrema sequedad en un camino de ~~macadam~~ es mala; pero es peor la excesiva humedad.

El efecto del agua es el mismo ya sea que ésta sea absorbida descendiendo desde la superficie o que se rezuma ascendiendo hacia la base, por eso debe concedérsele igual importancia al drenaje superficial y al sub-drenaje cuando existen estas dos corrientes.

La importancia de los buenos desagües es obvia, pues si no fuera por ellos los caminos serían deslavados, arrastrando las aguas de las avenidas los terraplenes de su construcción haciéndolo absolutamente intransitable.

CAPITULO II.

DRENAJE SUPERFICIAL

La sección transversal de un camino se construye de su perfi-
cies inclinadas que descienden hacia los lados, y ocasionalmen-
te descendiendo hacia el centro, con objeto de que el agua de
lluvia que cae sobre el camino sea derramada hacia las cunetas
que se colocan paralelamente al eje del camino y es por donde
corren las aguas hasta alcanzar el arroyo más próximo, barranca
o canal lateral cualquiera, donde con arrojadas y alejadas del
camino.

CORONA.-La corona es la superficie redondeada o hecha de pla-
nos inclinados del camino. La curvatura de la corona, o pendien-
tes de los planos que la forman, varía con el carácter del cami-
no: es mayor para las superficies de carácter poroso, como la
tierra, que para las impermeables, como el macadam asfáltico; la
curvatura del coronamiento es mayor mientras más fuerte es la
pendiente longitudinal del camino. En cualquier caso la curva-
tura del coronamiento debe ser siempre suficiente para que el a-
gua que cae sobre el camino corra inmediatamente hacia las cun-
etas; pero el eje del camino no debe elevarse demasiado con res-
pecto a los lados, pues se concentraría el tráfico por el centro
del camino, ya que sería muy incómodo caminar sobre las superfi-
cies laterales muy inclinadas, lo que tendería a desgastar el ca-
mino únicamente en la parte central, cosa perjudicial y anti-ecó-
nomica, pues lo mejor es que se desgaste uniformemente toda la
corona. Este desgastamiento parejo se consigue con pendientes
transversales suaves; pero si la "flecha", diferencia de alturas
del centro del camino y de los extremos de la sección recta de
la corona, es muy pequeña, los agujeros insignificantes hechos

por el tráfico almacenan el agua de la que, en gran parte, es absorbida por el suelo reblandeciéndolo y deformándolo. Por otra parte, si la flecha es muy grande, siendo muy fuertes las pendientes de los lados de la sección transversal, además de ser muy incómodo el tránsito por ellos, es muy difícil y lenta, y por lo tanto peligrosa, de un vehículo para dar la vuelta al regresar; si el camino es de tierra, el agua desciende hacia las cunetas con tan gran velocidad que arrastra la tierra consigo y la deposita en las cunetas asolvándolas y, además, la parte superior de las ruedas de los vehículos, y éste sucede principalmente con las ruedas de grandes diámetros, está más lejos, horizontalmente, del centro del camino que la base de ellas y el lodo que se pega a ésta es llevado a la parte superior de la rueda desde donde cae hacia un lugar más lejano del centro del camino que adonde antes estaba y así el coronamiento tiende a disminuir se por ese transporte de las tierras hacia los lados. Con el método ordinario de conservar caminos de tierra, que es regándolos principalmente, mayor cantidad de agua se desperdicia mientras mayor sea la convexidad de la corona, pues la mayor parte del agua escurre hacia las cunetas antes de impregnar el suelo. Desde el punto de vista de la economía en la construcción, la mejor corona es la que más fácilmente puede construirse con la conformadora mecánica. La curvatura de la corona debe ser mucha en pendientes longitudinales fuertes por el hecho siguiente: la línea de máxima pendiente puede no ser normal al eje del camino y consecuentemente el agua que parte del centro recorre diagonalmente el camino hacia abajo y hasta alcanzar la cuneta. Si a pesar de la máxima curvatura permisible que se le dé al coronamiento, la

pendiente longitudinal es tal que el agua corre por el centro del camino, las huellas de los vehículos, sobre todo en los caminos de tierra, se profundizan rápidamente y el camino se arruga y se hace peligrosamente disparejo. En estas circunstancias es necesario construir colectores de aguas que intercepten el agua que corre longitudinalmente sobre la corona y la desvían hacia las cunetas laterales. Estos colectores pueden ser zanjas superficiales y anchas o crestas planas y bajas, construídas a través del camino y descendiendo hacia una o varias cunetas; en el caso que desagüen en una sola cuneta, deben ellas cruzar diagonalmente todo el camino; en el segundo caso deben hacerse dos zanjas o crestas que atraviesen diagonalmente la semi-anchura del camino y cuyo vértice o punto de unión se halle hacia arriba y sobre el eje del camino. Casi no hay ventaja ni preferencia en el uso de zanjas o crestas. Las crestas son un poco más comunes, pero generalmente son hechas tan angostas y tan altas que constituyen un elemento de peligro para el tráfico, sobre todo para los automóviles. Pero, aunque bien hechas, las zanjas y crestas siempre constituyen obstáculos que deben evitarse, a menos que sea indispensable su uso por ser excesiva la pendiente longitudinal del camino y no haya recursos pecuniarios suficientes para hacer algo mejor. En la línea de encuentro de dos pendientes muy fuertes que descienden también se construye una zanja colectora que junte el agua que corre longitudinalmente por las pendientes y la lleva hacia las cunetas laterales; en este caso la zanja se hace normal al eje del camino y se endurece con grava, piedra quebrada o guijarros. Esta dificultad se remedia, en caminos de mayor importancia, construyendo cajas de depósito

hechas de tabloncillos de madera o de mampostería sin mortero (excepto en la parte superior) y con una tapa que sirve a la vez de coladera por donde entra el agua que corre por el camino y de allí es conducida por medio de tubos, generalmente de barro, por debajo del camino hasta desaguar en la próxima bananca. La caja de depósito se hace suficientemente amplia para que pueda entrar un hombre a limpiarla y debe profundizarse como 30cm abajo de la base del tubo que puede recoger también, cuando se necesite, el agua subterránea. El agua que está dentro de la caja de depósito se desprende un poco de las materias que lleva en suspensión por sedimentación y el agua que sale por el tubo sale así sin arena, polvo y hojas que arrastra del camino.

PENDIENTE transversal de la corona.-Teniendo en cuenta todas las circunstancias anteriores se ha llegado a las siguientes conclusiones:

La pendiente, descendiendo del centro hacia los lados, para un camino de tierra común, no debe ser mayor de 1:20 ni mayor de 1:10, es decir, la flecha debe ser de $1/40$ a $1/20$ de la anchura del camino; para los caminos de tierra que pueden conservarse en condición lisa y donde las pendientes longitudinales son moderadas, puede usarse el límite inferior, pero para un camino carretero medio de tierra se aconseja la mayor pendiente, pues una flecha de $1/20$ de la anchura no es demasiado grande para asegurar un buen drenaje.

Los caminos de grava y macadam deben tener una curvatura de coronamiento menor que los de tierra: así en amplios caminos de macadam, conservados en buen estado, la pendiente lateral puede ser tan débil como 1:30 con una flecha de $1/60$ de la anchura del

camino. En tales trabajos, sin embargo, es muy común, y probablemente mejor, usar una flecha de $1/40$ a $1/50$ de la anchura; pero para caminos ordinarios de grava y macadam debe usarse, por regla general, una flecha de $1/30$ a $1/30$ de la anchura. Si con un cuidadoso mantenimiento y atención constante se puede conservar la corona de cualquier camino en una condición uniforme y pulida puede usarse, en términos generales, una flecha menor que la que sería permisible si el camino se reparara muy de vez en cuando estando sujeto a considerable desgaste.

Para pavimentos de concreto la flecha empleada en la práctica varía de $1/50$ a $1/150$ de la anchura de la superficie de rodamiento, usándose indistintamente los valores intermedios.

FORMA DE LA SECCION DEL CAMINO.—Hay considerable diferencias de opinión entre los constructores de caminos acerca de cuál es la mejor forma de sección. En ocasiones la corona es hecha de dos planos igualmente inclinados ascendiendo hacia el eje del camino donde se cortan y esta línea de intersección es generalmente redondeada. Se dice que la superficie curva es preferible debido a que tiende a distribuir más uniformemente el tráfico en toda su anchura haciendo que la superficie total se desgaste de un modo más parejo; pero las superficies planas son más fáciles de construir. En las superficies planas el desnivel de cualquier punto de la corona con respecto al centro de la sección recta transversal que pasa por el punto en cuestión es directamente proporcional a la distancia horizontal del punto al centro:

$$y : x = c : (d/2)$$

en la que y es el desnivel antes mencionado; c , es la flecha; x ,

es la distancia horizontal y d es la anchura del camino.

Las superficies curvas se hacen generalmente de forma parabólica porque son más fáciles de construir teniendo en cuenta la ecuación de la parábola:

$$y = (4c/d^2)x^2$$

en la que las letras tienen la misma significación que en la proporción anterior.

Un método más simple, para construir la parábola, es considerar a x como una parte alícuota de la semi-anchura del camino, así si x es la n ésima parte de $d/2$, ó $d/2n$,

$$y = d^3/4n^2 = c/n^2$$

Así, a $1/6$ de la semi-anchura del camino, $y = c/36$; a $1/4$, $y = c/16$; y a una distancia fraccionaria k/l de $d/2$,

$$y = (k^2/l^2)c$$

La forma de la corona no es de gran importancia en la construcción de un camino carretero y cualquiera de ellas, o una intermedia, puede dar buenos resultados en la práctica. No vale la pena insistir mucho sobre el afinamiento de una sección siempre que se le dé una flecha adecuada y la superficie del camino sea convenientemente alisada. Para pavimentos lisos la sección debe construirse lo más uniformemente posible.

Algunos opinan que la superficie de un camino, en las montañas, debe consistir de un solo plano inclinado que desciende hacia adentro. Esta forma es muy aconsejable en curvas muy cerradas, dando lo que se llama sobre-elevación al camino con objeto de contrabalancear la fuerza centrífuga que desarrollan los carros al dar la vuelta, reduciendo la tendencia a irse por la tangente, aumentando comodidad y tendiendo a conservar el tráfico del lado dere-

cho del camino, sobre-elevación que varía con la rapidez del tráfico, el grado de curvatura y el peso del vehículo; pero esta forma de sección hecha de un solo plano ^{no} debe conservarse en las tangentes. La única ventaja de esta sección es que impide al agua, que cae sobre el camino, fluir hacia la cara exterior del terraplén, cuando lo hay; pero la precipitación pluvial que cae sobre la mitad del camino no puede tener un serio efecto destructivo sobre el terraplén. En un camino levantado en el centro drenando el agua a ambos lados el drenaje es más rápido y efectivo que si el agua que cae sobre la mitad exterior debiera pasar sobre la mitad interior, pues como ésta es la que recibirá la mayor parte del tráfico, por la tendencia natural de conservarse lejos de la orilla de peligro, resulta que será la parte que sufra más desgaste y esté, a la vez, peor drenada, lo que redundará en una rápida deformación de la superficie, interrumpiendo el drenaje superficial, todo lo cual requerirá mucha atención para conservarlo en buen estado.

Cualquiera que sea la forma del camino si la pendiente transversal del terreno adyacente es muy fuerte, deben construirse contra-cunetas para impedir que el agua que escurre del cerro de arriba caiga sobre el camino y lo inunde. Estas contra-cunetas son zanjas que se colocan paralelamente al camino, como a 3m de la orilla superior de la excavación, pues si se colocaran más cerca habría el peligro de que se deslavara fácilmente el terreno comprendido entre la cuneta y la contra-cuneta cayendo el agua de ésta sobre aquélla perjudicando el camino, y cuya anchura y profundidad deben estar de acuerdo con la cantidad de agua que se trate de interceptar.

CUNETAS.-Pendiente.-La superficie de un camino no debe hacerse a

a nivel en la dirección de su longitud, sino que debe tener suficiente pendiente para que el agua escurra por sus cunetas sin necesidad de profundizarlas. Esta pendiente mínima es 0.5% y las pendientes máximas, excepto en lugares montañosos no deben pasar, para que no haya necesidad de revestir las cunetas, de 4 ó 5%.

Desagüe de las cunetas.-El agua derramada de la corona del camino es conducida dentro de las cunetas y desagüada en el canal lateral más próximo, para ello se necesita que las cunetas tengan suficiente pendiente, pues el agua debe escurrir por gravedad hasta alcanzar un lugar donde pueda ser arrojada fuera del derecho de vía. Siempre que la configuración topográfica del terreno lo permita para deshacerse de esa agua debe aprovecharse, sin desperdiciar ninguna, pues no es en general un buen plan cambiar la pendiente de las cunetas de tal modo que el agua naturalmente drenada por la propia barranca de una cuenca de alimentación sea arrojada, sin aprovechar su propio desagüe, dentro de otra cuenca de alimentación, pues si bien es verdad que una pequeña cantidad de agua que inunde un campo puede no ser perjudicial, un gran volumen sí ocasiona generalmente muchos daños. Así es que siempre debe procurarse desaguar las cunetas lo más pronto posible y en el canal lateral más próximo.

Forma de las cunetas.-Las cunetas anchas y superficiales son mejores que las profundas y estrechas, pues no son tan peligrosas para el tráfico, son más fáciles de construir y limpiar y no se tapan fácilmente.

Son tres la formas de cunetas que están actualmente en uso: la forma de V, la trapezoidal y aquellas en que las cunetas no son más que una prolongación de la superficie del camino.

las formas de cunetas (a), (b) y (c) de la Fig. 1, Lám. 1, ofrecen pequeña obstrucción al paso de vehículos cuando éstos se ven obligados a caminar sobre ellas (por resbalamiento, para evitar un choque, para pasar a otro carro, para dar la vuelta al regresar etc.) y también son fáciles de limpiar, pues una segadora mecánica puede recortar, rápida y económicamente, el pasto y la hierba que crecen en ellas. Cuando el camino está construido sobre un terraplén de menos de 2m de alto se usan las formas de cunetas (d) y (f) y los taludes de los terraplenes no deben hacerse con una pendiente mayor de 1:3 pues, en caso de accidente, un vehículo puede bajar del terraplén sin voltearse. Frecuentemente no es necesario hacer cuneta al pie del terraplén como en (e) y (f). En los cortes las cunetas se construyen a los lados del camino de la misma manera que en los terrenos a nivel. En las montañas las cunetas se construyen del lado superior (g), (h) y (k). Cuando el camino voltea, la pendiente debe ascender hacia el lado exterior de la curva en las vueltas hacia la derecha y hacia el lado interior en las izquierdas (h) e (i).

En general puede decirse que los taludes laterales de las cunetas deben ser suficientemente planos para evitar socavaciones y hoquedades. Una cuneta profunda es muy poco útil con propósitos de sub-drenaje y, como ya se dijo, es muy difícil de mantener debido a que se obstruye fácilmente por socavaciones, derrumbes, hierbas, basuras y hojas acorreadas por el agua. Es preferible, con objeto de aumentar la capacidad de la cuneta, tender debajo una línea de tubos de barro que puede servir también, y muy eficazmente, para sub-drenar los terrenos. Ningún camino puede conservarse en buen estado donde el agua se estanca hasta evaporarse

y absorberse, con tanto mayor motivo cuanto que la absorción es muy lenta, pues el sedimento acarreado por el agua llena pronto los poros de la tierra nativa y la hace casi impermeable.

Cuando se pone tubo debajo de la cuneta con objeto de acarrear el agua que ya no cabe en ésta, en diversos puntos a lo largo de la cuneta se vierte el agua de ésta hacia el tubo construyendo cajas de depósito, ya descritas, e por medio de conexiones y hojas del mismo barro de los tubos con el brazo menor vuelto hacia arriba hasta alcanzar la base de la cuneta y para sostenerla en su lugar se rodea la cabeza del tubo con piedra y tierra apisonada.

Algunas veces es necesario hacer correr el agua de la cuneta superior hacia la inferior con objeto de desaguarla para lo cual se construye una cuneta ancha y superficial o una presa baja que cruzando diagonalmente el camino van de cuneta a cuneta; pero este procedimiento es muy objetable porque se forma un obstáculo peligroso para el tráfico; en caminos de mayor importancia se hace pasar el agua por debajo del camino por medio de un tubo o alcantarilla.

Protección de las cunetas contra las socavaciones.—Cuanto la pendiente de las cunetas es tan fuerte que la velocidad del agua sea excesiva se obstruyen, rudimentariamente, con piedras o ramas para disminuir la velocidad y, en casos extremos y en caminos de primera importancia, se protegen como se verá enseguida.

La pendiente a la que se aconseja la protección o revestimiento de las cunetas depende de la clase de terreno y de la velocidad del flujo que es, a su vez, función de la forma de la cuneta y del caudal de agua.

Las diversas clases de terrenos que se enumeran son socavados por el agua a las siguientes velocidades:

Arena	60 a 90 cm/seg
Barro	90 a 100 "
Grava fina	150-180 "

También deben revestirse las cunetas cuando son de gran capacidad aun cuando la pendiente sea leve.

La práctica corriente en la protección de las cunetas es la siguiente:

Para un caudal de 1 P³/seg no es necesaria la protección de la cuneta si la pendiente longitudinal no es mayor de 7%; pero para mayores caudales, en pendientes de más de 3%, si se aconseja la protección, lo mismo que para grava fina en pendientes mayores de 5% y en cunetas de más de 300P de largo.

Es prácticamente imposible llevar grandes caudales de agua en cunetas de pendientes muy fuertes, así es que siempre hay que procurar desaguarlas lo más pronto posible ya sea directamente o por medio de tubos subterráneos.

La protección de la cuneta debe prolongarse hasta un poco más lejos después de haber alcanzado el pie del cerro, pues a menudo ocurren socavaciones deteniendo la protección al llegar a él.

El revestimiento de guijarros con juntas de cemento se usa en pendientes de más de 6% y con juntas de arena o grava en menores pendientes, pero siempre que el caudal no sea muy grande, pues el revestimiento tiende siempre a disminuir la velocidad del flujo. El revestimiento de concreto no es aconsejable en pendientes fuertes, pues a causa de su tersura hace aumentar la velocidad demasiado.

Capacidad de las cunetas.—El área de la sección recta transversal de la cuneta se deduce de la experiencia más bien que se calcula, sobre todo en los lugares en que el agua se congela obstruyéndolas.

Las cunetas que arrastran los escurrimientos de precipitaciones pluviales de áreas considerables, debido a que impropiamente reciben aguas exteriores o a que sus desagües están muy lejanos, entonces sí deben calcularse usando alguna fórmula de escurrimiento de las que se verén en el cálculo de la sección hidráulica de alcantarillas.

La sección de las contra-cunetas se calcula, conociendo el caudal que debe llevar, por medio de la fórmula de Chezy-Kutter, que también se explicará después, usando un valor de $n=0.035$ y así fácil, rápida y aproximadamente se obtiene el tamaño requerido de la contra-cuneta.

La sección de una cuneta se calcula para arrastrar el agua de precipitaciones pluviales fuertes y cortas. Las cunetas sólo deben acarrear el escurrimiento de las aguas que caen en la semi-sección del camino, más la que cae en los taludes de los cortes y más las de pequeñas áreas de las tierras adyacentes: las comprendidas entre las cunetas y las contra-cunetas ó las de pequeñas áreas donde no valga la pena hacer contra-cunetas.

El escurrimiento, (precipitación pluvial menos pérdidas por filtración, absorción, estancamiento, evaporación etc.) de un pavimento liso es como del 80 al 90% de la precipitación pluvial de aguaceros como de 10 minutos de duración. El escurrimiento de acotamientos y taludes es como de un 60% en términos generales y en condiciones favorables. Un escurrimiento medio de 75 a 80% de

de la precipitación pluvial del agua que cae sobre las tierras que drenan las cunetas es la base para calcular la capacidad que debe darse, en general, a las cunetas.

De lo anterior se deduce que, para no tener que hacer las cunetas excesivamente grandes, deben desaguar en tramos no mayores de 125m de longitud en pendientes suaves y a no más de 250m en pendientes moderadas. La práctica corriente reconoce este principio general por el uso de cunetas más profundas y más anchas en terrenos casi a nivel que en los quebrados. La cuneta media podrá desaguar cada 650m si no arrastra escurrimientos de las tierras adyacentes.

CAPITULO III.

SUB-DRENAJE

Cuando el subsuelo está continuamente húmedo, lodoso y flojo - por exceso de humedad, debido a que el manto de agua subterráneo eleva su superficie a menos de un metro de distancia de la superficie del camino, es conveniente beneficiarlo por medio del sub-drenaje. Si el subsuelo no se drena naturalmente, para conservar el camino en buenas condiciones se hace necesario recurrir al sub-drenaje.

Es una general observación ver cómo los caminos que atraviesan lugares bajos estando sub-drenados se secan más pronto que los - que se hallan en lugares altos, pero que no están drenados subterráneamente. El sub-drenaje sin conformación es preferible a la conformación sin sub-drenaje. El sub-drenaje es la mejor preparación para los caminos de grava o de piedra, pues una cimentación lodosa y no drenada se traga paulatinamente la piedra o la grava que se coloque sobre ella en cualquier espesor, mientras que un revestimiento más desgastado en un camino drenado dará mucho mejor resultado.

Objeto del sub-drenaje.-Tiene tres importantes objetos:

1º.-El primero y más importante es hacer descender el nivel de las aguas subterráneas.

La acción del viento y del sol secarán finalmente, aunque sea de un modo lento, la superficie del camino llovido y sin drenaje superficial; pero si la cimentación se conserva saturada de agua, la superficie de un camino de tierra se hará pronto, bajo la acción del tráfico, suave y esponjosa como se halla la base y los vehículos dejan, al rodar, huellas profundas, las pezuñas de los

caballos hacen depresiones entre las huellas de los carros; la primera lluvia llena todas estas hendiduras donde se almacena el agua y toda la superficie del camino se convierte en una masa de lodo. Un buen camino no puede mantenerse en condiciones aceptables sin una buena cimentación y una buena cimentación, en subsuelos lodosos, no puede obtenerse sin un sub-drenaje conveniente.

2o.-El segundo objeto del sub-drenaje es, en los climas fríos, secar rápidamente la tierra después de una helada. El deshielo, al principiar la Primavera, se efectúa donde quiera que hay agua: así en el subsuelo como en la superficie. Si la tierra está sub-drenada, el agua libertada por el deshielo del subsuelo es inmediatamente conducida por los sub-drenes hasta arrojarla a un lugar donde no perjudica y la cimentación permanecerá sólida.

3o.-El tercero, y a veces muy importante objeto, es hacer desaparecer el subflujo o sea la ascensión lenta del agua ya sea por capilaridad o por presión hidrostática producida por una corriente de agua subterránea que viene de lugares más altos. Al subflujo se debe que, en algunos lugares, estando la tierra relativamente seca en el Estío cuando nieva, se vuelva húmeda en Primavera al terminar la congelación, pues el subflujo llega hasta la superficie saturando toda la cimentación. El objeto del sub-drenaje es absorber este subflujo impidiendo que ascienda.

El sub-drenaje también reduce grandemente el efecto destructivo de las heladas. El agua se expande al congelarse y si la tierra está muy húmeda cuando principia la congelación, toda el agua contenida en la tierra, al expanderse, la revienta y agrie-

ta dejándola esponjosa y como peinada y así fácilmente se asienta o se hunde bajo la acción del tráfico.

El sub-drenaje no puede impedir que la superficie del camino se sature durante las lluvias, pues es asunto del drenaje superficial, pero sí es el mejor medio para hacer escurrir el agua que logre penetrar desde la superficie hasta el sub-grade con lo que se consigue que la superficie del camino una vez seca por la acción de la interperie o del drenaje superficial no vuelva a humedecerse por ascensión de las aguas subterráneas y, además, estando seca la base las subsecuentes heladas no tendrán ningún efecto destructivo en la cimentación del camino.

La determinación de la importancia que debe darse al sub-drenaje en cada caso particular depende, en gran parte, del material de que esté compuesto el lecho del camino. Los diferentes terrenos se diferencian en sus diversos poderes para resistir la filtración del agua a través de ellos, en la rapidez y cantidad de la absorción, en su poder retentivo de humedad y en la extensión a la cual la humedad los hace suaves e inestables.

Así un suelo ligero de arena no presenta dificultades en asuntos de drenaje, pues sí es fácilmente penetrado por el agua, no es retentivo de la humedad, pues el agua pasa rápidamente a través de ella sin saturarla. Una arena casi pura es más firme y estable cuando está húmeda que cuando está seca; aunque una arena muy fina ^{humedecida} ~~saturada~~ puede convertirse en saturada y falsa.

La arcilla ofrece, usualmente, considerable resistencia al paso del agua a través de ella, pero es muy retentiva de la humedad. Así es que la arcilla absorbe el agua muy lentamente y requiere que el agua esté en contacto con ella un largo tiempo pa-

ra que se sature, pero ya satura^{da} es el más inestable de los suelos. Una arcilla seca se sostiene en un talud vertical, pero mojada se convierte en una masa fluida. Antes que el agua penetre unos cuantos centímetros en un terreno de arcilla, se necesita que la capa exterior se sature y se convierta en una masa semi-fluida. Un terreno de arcilla es, por consiguiente, difícil de drenar pues permite muy difícilmente que el agua atraviese las tierras hasta alcanzar los sub-drenos inferiores. El drenaje, en tales casos debe consistir en impedir que el agua se estanque en la superficie del camino y lo sature, es decir, debe atenderse con mucho cuidado el drenaje superficial pues, generalmente, como estos terrenos son impermeables el agua subterránea, si la hay, no llega hasta la superficie del camino y no es necesario el sub-drenaje artificial.

Métodos de sub-drenaje.-Son tres los métodos usados:

1o.-Abundamiento de las cunetas laterales.

2o.-Uso de drenes abiertos o ciegos.

3o.-Uso de tubos generalmente hechos de barro vitrificado.

Abundamiento de las cunetas.-Las cunetas profundas se hacen generalmente de forma trapezoidal, como la (a) Fig.1, Lám.1. Pero con el uso de estas hondas cunetas hay siempre peligro de accidente y fácilmente se tapan con basuras formando así represas que perjudican más al camino que lo que quieren beneficiarlo. Las cunetas profundas deben evitarse siempre que sea posible y, además, son menos efectivas que cualquiera otro procedimiento de sub-drenaje y son de muy costoso mantenimiento.

Drenes abiertos o ciegos.-Estos drenes se hacen de muy diversos modos: desde una simple abertura a través del suelo hasta el uso

Fig. 1.

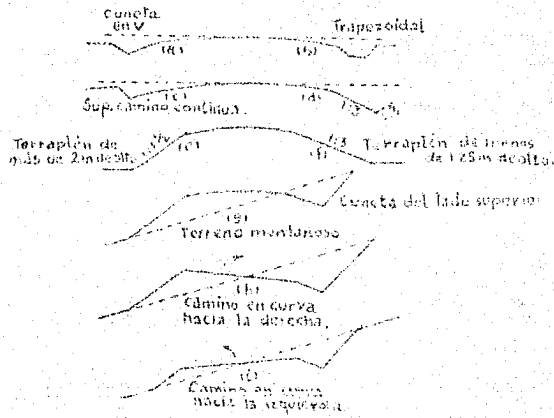
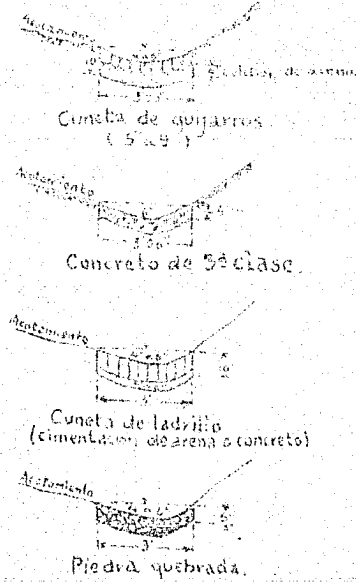


Fig. 2

Protección de cunetas.



de tubos de barro o de concreto. En las Fig. 3, Lám. 2, se ven drenes ciegos hechos de piedras mal acomodadas, dejando huecos, de losas de piedras formando aberturas triangulares o rectangulares, un dren hecho de troncos de árbol y tablones y otro de tubo; todos rellenos de tierra.

Sub-drenes de tubo.-Inudablemente el sub-drenó más eficaz es el hecho de tubo de barro o de concreto y colocado como a un metro de profundidad y en el centro del camino o abajo de una o ambas cunetas. La profundidad mínima a la que deben colocarse los tubos es a la de una longitud igual a su propio diámetro con objeto de evitar que el tráfico los rompa.

El tubo de barro ordinario debe ser uniformemente cocido, recto, redondo en su sección transversal, el interior debe ser liso y los extremos deben cortarse a escuadra. Los hay en el mercado desde 3" de diámetro hasta 30". Los tubos de menores diámetros son nominalmente de 1P de largo, aunque en realidad se hacen un poco mayores para compensar la pérdida en longitud por los tubos que se rozan; los de mayores diámetros se hacen de un poco más de 2' á 2.5' de largo. Con cuidado y una poca de experiencia los tubos ordinarios pueden colocarse haciendo buenas conexiones.

Los tubos son más difíciles de taparse que los drenes ciegos, son más durables y generalmente más baratos. Se tienden poniendo simplemente sus extremos en contacto y lo más cerca posible; algunas veces se envuelven las juntas con papel alquitranado para evitar que se tapen de arena cuando hay mucha y muy fina; pero ésto casi nunca es necesario. Teniendo los tubos un buen desagüe completamente libre, aunque casi no tengan pendiente, se conservan limpios siempre que no se obstruyan con raíces de árboles o

hierbas. Haciendo la base de la ceca donde va a tenderse el tubo un poquito más ancha que el diámetro de éste y redondeándola para para que asiente mejor el tubo, no hay necesidad de hacer uso de collares para ponerlos en línea recta.

Pendiente hidráulica.-No hay peligro alguno proveniente de dar a la línea de tubos una pendiente excesiva y el único problema es asegurarla suficiente caída o carga. Algunos manuales de ingenieros aseguran que la pendiente mínima debe ser 0.20 a 0.30% en las más favorables condiciones; pero la práctica ha demostrado abundantemente que una mucho menor pendiente puede dar buen resultado. Existen muchas tuberías, en Estados Unidos de América, que tienen pendientes de $1/4''$ ó $1/6''$ en 100' y que están dando un drenaje muy satisfactorio; aun se han dado varios casos en que el tubo es colocado completamente a nivel, sobre la base de la ceca, sin collares ni ninguna clase de cubiertas sobre las juntas, dando buen drenaje y sin el problema del sedimento. Ésto último es debido, probablemente, a que el agua subterránea tiene pendiente hidráulica y la tubería no hace más que facilitar el escurrimiento. Así también, con lo anterior, ^{se explica} que tubos que son tendidos con cierta pendiente lleven más agua que la que correspondería a esa pendiente, es decir, aumentan su capacidad. Naturalmente que las pendientes muy ligeras no son de desearse, pues mientras menor es la pendiente mayor tiene que ser el diámetro del tubo para asegurar el mismo caudal, y mayor cuidado debe tenerse al tenderlos y hay más peligro de que lleguen a obstruirse; pero aun en los terrenos completamente a nivel se justifica frecuentemente su construcción. A ser posible, con costo razonable, la pendiente mínima debe ser de 2" en 100'. En los terrenos a nivel o casi a nivel

la pendiente de la tubería puede aumentarse colocando el extremo de aguas arriba más superficialmente que el de aguas abajo.

Sección del tubo.-El caudal máximo que un tubo puede llevar depende de la pendiente del mismo, de su fricción interna, del diámetro y de la carga o presión a la que esté sujeto el tubo.

La fórmula de Poncelet para calcular tubos es:

$$v = 48 \left((df : L + 54d) \right)^{1/2}$$

en la que d es el diámetro del tubo en pies; la caída total de la línea, o desnivel entre sus extremos, es f ; L , la longitud de la tubería en pies; y v , la velocidad en pies por segundo.

La fórmula de Chezy-Kutter, también muy usada, es:

$$v = c (rs)^{1/2}$$

en la que v es la velocidad en P/seg; c , un coeficiente que se encuentra por medio de la fórmula de Kutter; r , el radio hidráulico medio: cociente del área de la sección recta de la vena líquida entre el perímetro mojado; y s , es la pendiente: caída total en pies entre la longitud total del tubo expresada en la misma unidad.

La fórmula simplificada, de Kutter, para obtener el valor de c es la siguiente:

$$c = (41.6 + 1.811/n) : (1 + 41.6n/r^{1/2})$$

siendo n el coeficiente de rugosidad que vale 0.012 para un tubo de barro en buenas condiciones.

Área drenada por un tubo de diámetro dado.-Una fórmula en aplicación para esa determinación es:

$$A = 1.0 (fd^5 : 1)^{1/2}$$

en la que A es el número de acres drenados a razón de una pulgada de agua cada 24 horas por un tubo de d pulgadas de diámetro, de

caída f en la longitud l . Esta ecuación está basada en las experiencias hechas en tubos lisos de fierro colado y sólo es aproximadamente aplicable a los tubos de barro; pero todos los factores del problema son de muy poca precisa determinación para justificar una tentativa de justeza matemática. Así no se puede saber con certeza, ni aun aproximadamente, cuál es el grado de permeabilidad del suelo, cuál es la cantidad de agua retenida por el suelo en las depresiones naturales, qué cantidad de agua es absorbida por las plantas y qué otra se evapora y, además, rara vez se conoce cuál es la precipitación pluvial máxima del lugar y la limitación del área drenada es bastante incierta. La fórmula anterior sólo es aplicable cuando no hay datos experimentales locales del uso de tubos de barro como drenes y su principal está valor está en mostrarnos la relación que existe entre la capacidad, la pendiente y las variaciones en el diámetro del tubo.

Lo que debe hacerse en cada caso particular acerca del sub-drenaje depende de la importancia del camino, de la cantidad de tráfico, de las condiciones topográficas, del carácter del suelo, de los recursos pecuniarios disponibles etc. Como regla general puede decirse que, para terrenos ordinarios, un sistema calculado para drenar 0.5" por día es suficiente; pero si hay alguna corriente subterránea proveniente de tierras más altas, o si hay muchos manantiales en la vecindad, debe aumentarse, adecuadamente, las provisiones comunes de sub-drenaje. Lo mejor es experimentar poniendo una línea de tubos bajo una cuneta y, si no es suficiente, debido a que el sub-grado continúe muy mojado, se tiende otra línea debajo de la otra cuneta.

No se aconseja poner tubos de menos de 4" de diámetro y quizás

de no menos de 5".

Colocación del tubo.—Las secciones de tubos deben hacerse lo más cortas posibles, con frecuentes desagües, pues así se economiza poniendo tubos de menor diámetro y más superficiales. Deben evitarse cambios bruscos de pendiente, pues el cambio resultante de velocidad origina depósitos. El extremo superior de la tubería debe taparse para evitar que se llene de tierra. El drenaje de los tubos mejora con el tiempo, pues el agua tiene que abrirse paso por entre las tierras para alcanzar al tubo. La tubería debe colocarse perfectamente centrada, pues cualquier descentración de dos extremos reduce la sección total de la tubería. Deben tenerse^{se} cuidadosamente siguiendo la pendiente proyectada, particularmente si ésta es pequeña, pues si se coloca donde hay, por ejemplo, una saliente, el sedimento se deposita sobre ésta interrumpiendo la corriente. En algunos casos es preferible y más económico aumentar el diámetro del tubo que hacer mayor la pendiente, pues las excavaciones resultantes pueden salir más caras. Generalmente mientras más profundamente se coloque el tubo, el drenaje será más efectivo; pero la colocación de la tubería como a un metro de profundidad es usualmente suficiente. El dren debe tener un desagüe libre y adecuado: el extremo de la línea se protege con mampostería, tabloncillos clavados a postes, o reemplazando los tres o cuatro últimos tubos por uno de hierro o por una caja de madera.

Localización del tubo.—Usualmente una sola línea de tubos bajo una cuneta, y a lo largo de ella, proporciona suficiente drenaje. En caso de que se dude si se necesitan una o dos líneas, se tien-

de primero una debajo y a lo largo de una de las cunetas y se esperan los resultados: si ambos lados de la cuneta se conservan igualmente buenos, claro que no es necesario otro dren; aunque al hacer las observaciones no deben descuidarse todos los factores contingentes que pudieran ocurrir: diferencia de horas de sol en el lado Sur o Norte del camino, efecto de la sombra de los árboles plantados a la orilla del camino y absorción por ellos de las aguas de filtración, las diferentes pendientes transversales de la superficie del camino etc.

Algunos recomiendan la localización del tubo abajo de la superficie de rodante y en el centro, pues dicen que queda mejor protegido contra roturas abajo del revestimiento que abajo de las cunetas de tierra, que rara vez se tapa y que, en último caso, es decir, si se tapan o no son suficientes, pueden construirse los drenes laterales en cualquier tiempo; pero con la misma profundidad de excavación el tubo colocado debajo de la cuneta proporciona un drenaje más efectivo que el puesto en el centro del camino, pues en el primer caso queda hundido más profundamente y no hay peligro de que se rompa, aun en el caso de que algún vehículo llegue a pasar sobre la cuneta, si se tiene cuidado de no tenderlo muy superficialmente; además, el tubo colocado bajo el centro está expuesto a romperse si el revestimiento se rompe pasando todo el tráfico sobre él y, si se tapa, para destaparlo o reponerlo es necesario abrir una copa, rompiendo el pavimento, muy costosa y que interrumpe y dificulta el tráfico; no ayuda, como pudiera creerse, al drenaje superficial, pues si el agua tuviera que atravesar el revestimiento y luego el sub-grado hasta

alcanzar el sub-drén, por imperfecto drenaje superficial, todo el camino estaría en pésimas condiciones y el sub-drenaje tendría un efecto casi nulo en la conservación del camino. Otro aconsejan una línea cerca de la superficie de rodadura, o dos líneas colocadas a los lados de la misma superficie, con objeto de asegurar un mejor drenaje superficial; pero muy poca agua, si alguna llega, alcanza esos tubos, pues en caso de que el camino esté revestido con suficiente bombeo y siendo casi impermeable, arroja rápidamente casi toda el agua hacia las cunetas; si el camino es de tierra, y hay agua estancada sobre la superficie, será batida ésta por el tráfico hasta formar, junto con la tierra, una masa de lodo dejando pasar así una pequesísima parte del agua al sub-drén; de modo que los drenes así colocados, superficialmente, no servirán ni para drenar la superficie ni como sub-drenes. Lo más conveniente, para asegurar un buen drenaje superficial es, como tanto se ha dicho, dar un bombeo adecuado a la corona y conservarla siempre lisa, libre de agujeros y de huellas de automóviles.

Si un lado del camino está más alto que el otro, el sub-drén debe colocarse del lado superior para así interceptar las aguas subterráneas que fluyen hacia abajo y hacia el camino. A veces sólo un tramo del camino está siempre muy mojado a causa de la vecindad de un manantial, o por alguna corriente subterránea de aguas que vienen de tierras más altas; en cualquier caso debe desviarse la corriente, desde la fuente de abastecimiento, con una línea de tubos, en vez de apilar tierra sobre el camino, lo que sería muy costoso e inútil.

Otra inconveniencia del sub-drén central es la dificultad del desagüe, aunque se ha usado con éxito el siguiente procedimiento:

el tubo se prolonga atravesando diagonalmente el camino, por abajo del revestimiento, hasta más allá del lado exterior de la cuneta donde se le da vuelta para que siga corriendo paralelamente a la cuneta, y por el lado exterior, con una pendiente menor que la que tiene la propia cuneta hasta que el tubo llegue a quedar a sólo 8" ó 9" de la base de la cuneta; allí se le da al tubo un doblamiento en ángulo recto para desaguar en la cuneta a través de un pequeño muro de cabeza hecho de concreto Fig.5, Lám.2. Cualquiera pequeña cantidad de material que tienda a depositarse a la salida del tubo es arrastrada hacia abajo por la corriente de agua de la cuneta.

Drenes en forma de V.-algunas veces se construyen drenes en forma de V abajo del camino: se excava una cepa ABCDE, Fig. 4, Lám.2, y se llenan parcialmente con cantos rodados, roca quebrada o grava. La tierra se afloja primero con un arado y fácilmente se voltea hacia los acotamientos por medio de una conformadora mecánica. Las piedras más grandes, que no deben exceder de 12" en su mayor dimensión, se colocan en la base de la excavación disminuyendo el tamaño de las piedras hacia los lados; la última capa se hace de grava gruesa dejando la forma de la superficie exterior igual a la que tiene el camino pavimentado. Para deshacerse del agua que corre por el sub-drén se construyen, a intervalos no mayores de 75m, desagües DE, Fig.4, Lám.2, llenos de piedra o grava, como de 1m de ancho, suficientemente profundos para que hagan escurrir por ellos toda el agua que lleven los drenes en forma de V, y que, atravesando los acotamientos, terminan en las cunetas donde arrojan el agua sub-drenada. Estos desagües se

Fig. 3

Zanjas abiertas y ciegas.

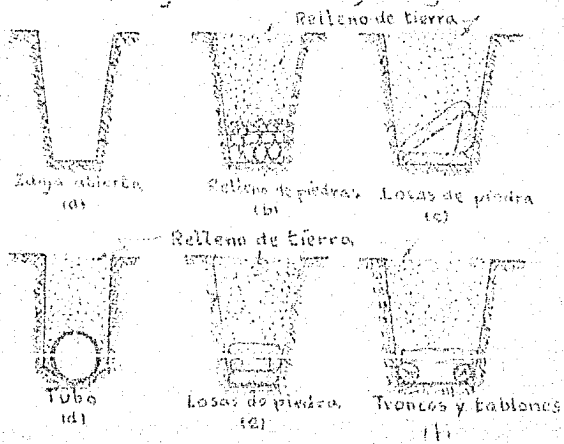


Fig. 4

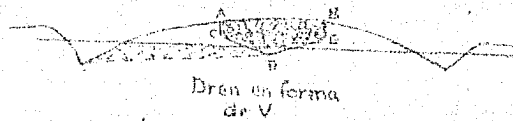
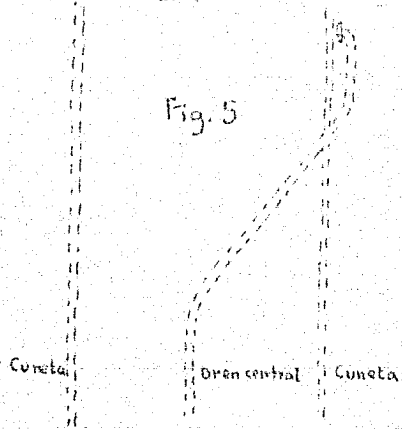


Fig. 5



procure hacerlos, principalmente, en los lugares bajos para que el agua inmediatamente sea alejada del derecho de vía del camino.

Estos drenes en forma de V se pueden construir cuando hay abundancia de grava; pero cuando no la hay es preferible colocar un tubo de 4" en la base de la excavación y los desagües se hacen por medio de Y del mismo tubo. Los desagües no deben hacerse nunca en dirección perpendicular al eje del camino, sino que deben correr hacia abajo y diagonalmente. Las juntas de los tubos pueden envolverse en lienzos de lana para impedir la entrada de arena fina o sedimentos hacia el interior de los mismos.

IMPORTANCIA DEL DISEÑO SEGUN LOS DIVERSOS REVESTIMIENTOS USADOS Y DIFERENTES METODOS PARA LLEVARLOS A CABO:

Camino de arena.—Los caminos de pura arena requieren un drenaje muy diferente a los de arcilla o tierra común. La humedad mejora un camino de arena y es perjudicial para el arcilloso. El camino de arena seco es quizás el peor de los caminos y el drenaje debe consistir, en tales casos, en procurar conservarlo continamente mojado.

Camino de grava y piedra.—En estos caminos no debe despreciarse en ningún caso ni el drenaje superficial ni el sub-drenaje. En un camino de grava dura e importante casi toda el agua que cae sobre él escurre hacia las cunetas y por lo tanto éstas deben ser de mayor capacidad que si el camino fuera de tierra.

Un camino de grava no drenado es costoso en su mantenimiento, pues en ese caso la grava se hunde y desaparece en uno o dos años. El grado de la capa de grava depende, en gran parte, del grado del drenaje, pues mientras mejor sea éste las tierras arcillosas del sub-grado se conservarán más firmes y estables pu

de soportar mayores cargas evitando que la capa de grava se hunda y alavez aun siendo de un espesor muy pequeño. Los costos de mantenimiento del drenaje son casi nulos, sobre todo cuando se usan estructuras permanentes, y así decreciendo el espesor necesario del revestimiento disminuye mucho el costo de mantenimiento de éste. No se aconseja colocar el tubo del sub-dren en el centro del camino, como en el uso de drenes en forma de V visto anteriormente, porque en un camino revestido y bien hecho, con adecuado drenaje superficial, el agua del sub-dren no tiene por objeto recoger el agua que desciende la superficie, sino la que asciende hacia ella y, además, aumenta innecesariamente el espesor de la capa de grava y la inclinación que se da a la tierra, en el dren en V, hacia el tubo no es de gran ventaja. Los sub-drenes deben colocarse siempre abajo de las cunetas.

Caminos de pavimentos lisos.-El drenaje en estos caminos, más que en ninguno otro, es de vital importancia. Si el sub-grado no está bien drenado hay el peligro, sobre todo en los caminos de concreto, de que una vez colado éste se seque, al mismo tiempo que el concreto, la capa superficial del sub-grado asentándose y causando, por consiguiente, que la capa de concreto quede sin apoyo y se cuartee. Si se congelan las aguas contenidas en el sub-grado se producen movimientos hacia las orillas de la capa de concreto que lo cuartean longitudinalmente en su superficie inferior. Si el sub-suelo es arenoso muy probablemente el drenaje natural es suficiente y no se necesita hacer drenaje artificial. Si el suelo es moderadamente retentivo, en los más de los casos, basta con construir una cuneta longitudinal y superficial pegada a la orilla exterior de la losa de concreto. Esta cuneta debe profundi-

como a 25 ó 30cm abajo del sub-grado, es decir, abajo de la base de la losa de concreto y se rellena con grava gruesa o piedra quebrada. De esta cuneta longitudinal parten cortas cepas, también rellenas de grava, que cruzando transversalmente los acotamientos, desaguan en las cunetas; en terrenos particularmente retentivos estos desagües no deben espaciarse a más de 20m. En terrenos a nivel estos desagües se hacen de dirección perpendicular al oje del camino; pero en caso de que el camino tenga cierta pendiente longitudinal, los desagües den formar un determinado ángulo agudo con el camino y la agudez de este ángulo varía directamente con la pendiente del camino según su longitud.

Si el nivel del agua subterránea se eleva hasta cerca de 20cm de la superficie, entonces debe colocarse una línea de tubos de barro a un lado de la sección pavimentada; y si ésto no es suficiente, se coloca otra línea del otro lado.

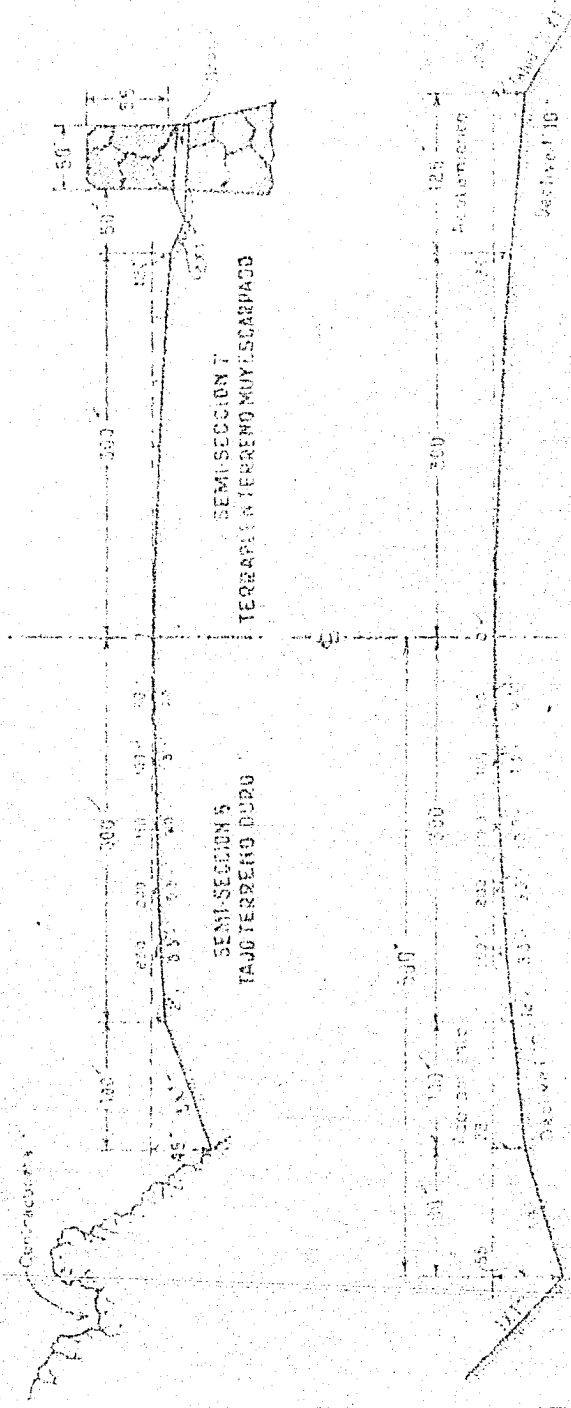
Algunos usan los drenes en forma de Y antes descritos, de una profundidad, abajo de la losa, de 30 a 45cm en el centro y de 19 a 12cm a los lados; pero es de dudosa economía a menos que abunde mucho la piedra o que el suelo sea muy retentivo y esté siempre muy húmedo.

SECCIONES TIPOS PARA CAMINOS USADOS POR LA COMISION NACIONAL DE CAMINOS DE MEXICO.-Como se ve en los Modelos C 222-1, C 222-2 y C 222-3 que se acompañan se clasifican en secciones para caminos de primer orden y secciones para caminos de segundo orden.

Tipos para caminos nacionales de primer orden: se sub-diven en tipos para terraplenes y tipos para tajos.

Tipos para terraplenes: terraplén plano, terraplén poco escarpado, terraplén en terreno muy escarpado y terraplén de montaña.

TIPOS PARA CAMINOS NACIONALES DE PRIMER ORDEN.



COMISION DE CAMINOS
SECCIONES TIPO
PARA MONTANA

SEMI SECCION 8
TERRAPLEN SEMI MONTANA

SEMI SECCION 2
TAUO TERRENO BLANCO

PARTE DE: *Walter H. ...*
DISEÑO: *...*
CALO: *...*
REVISOR: *...*

C-222-2

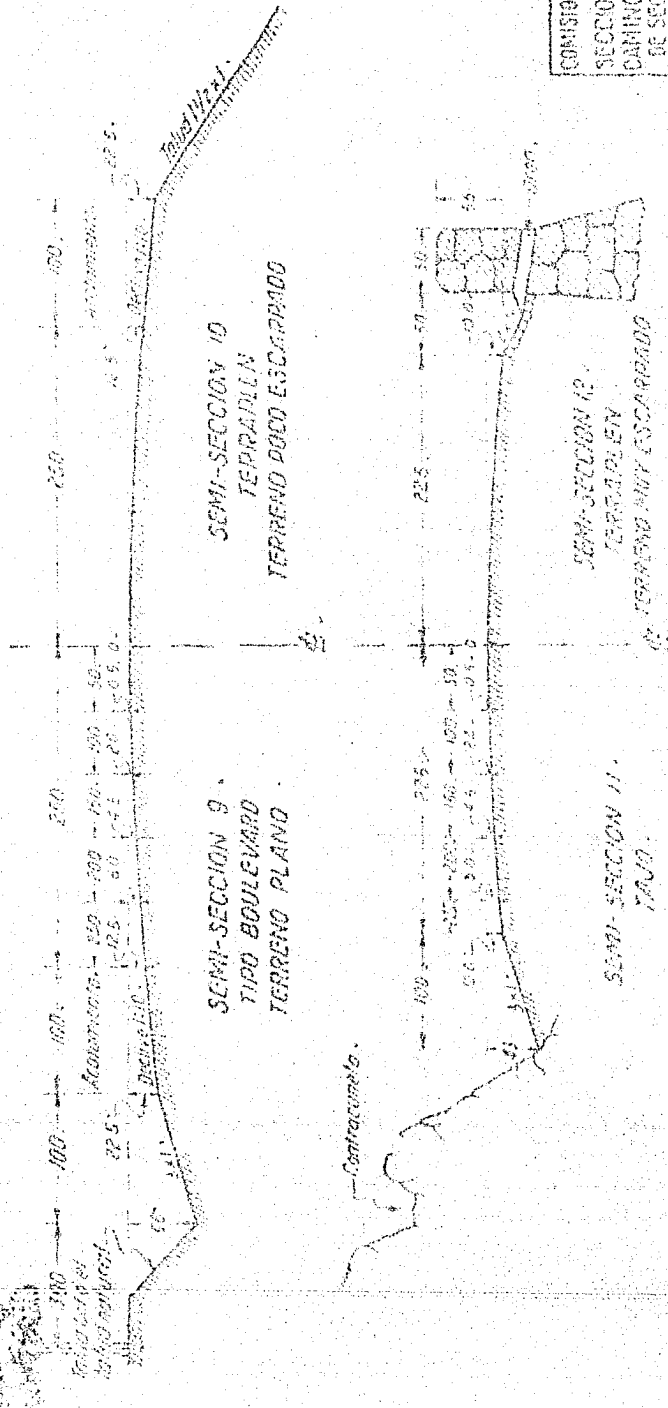
Tipos para tajos: tajo en terreno duro, tajo en terreno blando, Más generalmente los caminos de primer orden se clasifican en secciones tipos para valles y secciones tipo para montaña.

Secciones tipo para montaña en caminos de primer orden: en tajo y en terreno duro la corona es de 3m de ancho, formada de planos inclinados desigualmente, con una cuneta de 1m de ancho y 45cm de profundidad; en tajo y en terreno blando se añade, entre la corona y la cuneta, un acotamiento de 1m con un declive de 1:10 y la cuneta se profundiza a 55cm bajo la rasante del camino; en terraplén y en terreno muy escarpado se suprime el acotamiento, la cuneta se reviste de piedra y se hace de sólo 50cm de ancho; el terraplén se sostiene por medio de un muro de mampostería que se eleva sobre la superficie del camino en una altura de 55cm y con una corona de 50cm; en terraplén en montaña, en terreno no muy escarpado, el acotamiento se amplía a 1.25m de anchura, se suprime la cuneta y las tierras se hacen descender con su talud natural, generalmente 1.5 x 1.

Secciones tipo para valles en caminos de primer orden: para terreno plano el acotamiento se hace de 2.00m de ancho y la cuneta de 1.00 y 65cm de profundidad; el talud de la cuneta hacia el acotamiento es de 3 x 1 y hacia el exterior es de 1 x 1 o el que naturalmente tengan las tierras; en tajo y en terreno blando el acotamiento se reduce a 1m de anchura y cuando es necesario se construye contra-cuneta; en terraplén y en terreno poco escarpado se construye el acotamiento de 2m de ancho y se suprime la cuneta dejando caer las tierras exteriores del terraplén en su talud natural.

En todos los casos la corona, o superficie de rodamiento, está

SECCIONES TIPOS PARA CAMINOS NACIONALES DE SEGUNDO ORDEN



COMISION N. DE CAMINOS
SECCIONES TIPOS PARA
CAMINOS NACIONALES
DE SEGUNDO ORDEN
ESTADO DE GUATEMALA

Director: *[Signature]*
Asesor: *[Signature]*
La Tabla: *[Signature]*

0222-3

Notas - Todas las dimensiones estan en centimetros.
Para ampliado de la curvatura y sobrepaso, consulte de las curvas
ver tabla 0.222-9.

0222-3

formada de varios planos inclinados de 50cm de ancho cuya pendiente aumenta hacia los extremos así: 0.6%, 2%, 3.4%, 4.6%, 6% y 7%; acotamiento 10% y talud interior de la cuneta 33.33%.

Secciones tipos para caminos nacionales de segundo orden:

en terreno plano, tipo Boulevard, es de 5m de ancho la superficie de rodamiento; el acotamiento es de 1m y de 2m también la cuneta y de 56cm de profundidad; a 3m hacia afuera del fondo de la cuneta, medidos horizontalmente y en dirección normal al eje del camino, se plantan árboles;

en terraplén y en terreno poco escarpado se reduce la anchura del acotamiento a 1m, se suprime la cuneta y se dejan caer las tierras que forman el terraplén según su talud natural;

en ambos casos las pendientes transversales de los planos de 50cm de ancho que forman el coronamiento son las siguientes, a partir del centro hacia los lados: 1%, 3.6%, 5%, 7%, 9%, 10% el declive de los acotamientos y 33.33% el talud interior de las cunetas;

en tajo la corona reduce su anchura a 2.50m, se suprime el acotamiento, se hace la cuneta de 43cm de profundidad y de 1m de anchura y se construye contra-cuneta cuando es necesario;

en terraplén y terreno muy escarpado, se reviste con piedra la cuneta haciéndola de sólo 50cm de anchura y con talud interior de 2 x 1; el terraplén se sostiene con un muro de sostenimiento;

en los dos últimos casos la pendiente transversal cambia de 50 en 50cm, del centro hacia los extremos, así: 1%, 2.6%, 5%, 7% y 8%

en los últimos 25cm y el talud interior de la cuneta es de 33.33% y el talud exterior de la misma es el natural de las tierras adyacentes.

CAPITULO IV.

DESAGÜES

Las alcantarillas y puentes son obras que se ejecutan en las construcciones de caminos para hacer pasar bajo éstos el agua de las corrientes que los atraviesan y también, algunas veces, para hacer pasar las aguas colectadas en la cueta más alta a la más baja del camino, por debajo de él, para desaguarlas.

Las alcantarillas sólo se diferencian de los puentes en que las primeras se construyen para dar paso a corrientes pequeñas, de menos de 3m de claro, y los segundos para desaguar arroyos y ríos - mayores.

Sección hidráulica.--Se llama sección hidráulica a la abertura que debe tener una alcantarilla o puente para dar paso a determinado caudal de la corriente que desagua.

La sección hidráulica prevista por una alcantarilla por seguridad ^{debe} ser en lo general suficientemente amplia para dejar libre paso al flujo máximo que pueda acarrear el arroyo; pero, por economía, debe ser suficientemente pequeña para obrar completamente - llena en los casos máximos ordinarios sin peligro. Generalmente se acostumbra a no tomar en cuenta las avenidas máximas extraordinarias sucedidas sólo una vez en una generación, pues puede ser más barato, para las alcantarillas especialmente, correr el riesgo de que una avenida extraordinaria produzca deslaves o interrupción momentánea del tráfico, a construir una alcantarilla mayor.

El caudal máximo de un arroyo depende de diversas condiciones locales las más de las cuales son de muy difícil determinación y, sobre todo, de aproximada valuación: la precipitación pluvial máxima ocurrida en la región dentro de un período como de 10 años,

la extensión del área drenada por la corriente y su posición, el carácter de la superficie drenada (forma y porosidad del terreno) y la naturaleza del canal del arroyo.

La precipitación pluvial máxima varía en las diversas regiones y aun en una misma región varía de año a año. Cuando no hay datos, por no haber estaciones pluviométricas en el lugar, se acostumbra a tomarla como de un valor igual a una pulgada por hora; pero para el cálculo de secciones hidráulicas de alcantarillas, de áreas drenadas relativamente grandes, la base del cálculo es tomar una precipitación media de 4" a 5" en 24 horas. Cuando las alcantarillas drenan áreas muy pequeñas es cuando se toman los aguaceros máximos, porque son los que dan también las mayores escurrimientos, que generalmente duran de 5 a 10n.

Determinación y cálculo de la sección hidráulica de una alcantarilla.—En la investigación de la sección hidráulica lo primero que debe hacerse, antes de hacer ningún cálculo, es medir las secciones hidráulicas de las estructuras existentes sobre la misma corriente y preguntar a los vecinos de la región si han sido suficientes las aberturas de las alcantarillas para dar paso a las máximas avenidas y de ser así, hasta qué altura de la alcantarilla ha llegado el agua; observar las huellas de las más altas aguas dejadas por la corriente en su cauce y en diferentes lugares vecinos al camino en construcción y el promedio de las secciones del arroyo limitadas por esas alturas nos dan una buena idea de la sección hidráulica que se busca; si no hay ninguna estructura sobre la corriente en estudio, entonces se observan las alcantarillas existentes en corrientes semejantes de la misma región e inquiriendo, con los ribereños, hasta dónde, en el puente, han lle-

gado las aguas máximas, lo que nos da una idea de la suficiencia, insuficiencia o excesiva capacidad de la alcantarilla usada. Por regla general no deben disminuirse las dimensiones de la sección hidráulica de la estructura existente a menos que sean hechas de acero, de grandes claros y construídas por compañías particulares, que, en lo general, las hacen innecesariamente largas; pero siempre es conveniente comparar los datos tomados de sección hidráulica con la calculada por las fórmulas que a continuación se explican.

En ocasiones es necesario ampliar la sección de la alcantarilla o puente cuando la velocidad del agua en el arroyo es excesiva pudiendo producir deslavos o socoraciones en la base de las pilas o estribos de los puentes, es decir, se construye la alcantarilla con una sección hidráulica mayor que la de la línea de agua, en el arroyo, en las mayores avenidas; ésto se hace, generalmente, cuando la velocidad pasa de 10 P/sog.

La determinación de esta velocidad en las avenidas, si no se puede medir en una de las mayores crecientes, sí se mide, por medio de procedimientos directos, como por ejemplo haciendo uso de flotadores o del molinete, la velocidad en la creciente que se pueda observar y de ella se induce la velocidad en las crecientes máximas. Indirectamente también puede calcularse la velocidad del agua en los ríos con el siguiente procedimiento: se hacen varias secciones transversales del río a uno y otro lado del cruce del camino con la corriente, se mide la pendiente longitudinal del mismo en un tramo como de 500m o más, se toma la altura de las huellas dejadas sobre las rocas de las más altas aguas. Se calculan las áreas de las secciones limitadas por el nivel de las

máximas aguas; el promedio de estas áreas se divide entre el promedio de los perímetros seculares para obtener así el radio hidráulico r y aplicar la fórmula de Chezy-Butter, antes vista, para determinar la velocidad con un coeficiente de rugosidad n que varía de 0.020 a 0.025 para ríos de superficie lisa, arenosos o de grava fina; de 0.030 a 0.035 para lechos áperos y sinuosos; y de 0.040 a 0.055 para arroyos que tienen vegetación en sus taludes. La velocidad así determinada multiplicada por la sección media de la vena líquida para las más altas aguas nos proporciona el caudal máximo de la corriente.

Todas las fórmulas que actualmente se aplican para la determinación de la sección hidráulica de las alcantarillas desprecian tantos factores que concurren en su aproximada valuación que sólo sirven para dar una ligera idea de la dimensiones de la sección hidráulica necesaria, así por ejemplo, el área aproximada de la cuenca de alimentación drenada por una corriente se mide fácilmente; pero es también importante la forma de la cuenca, pues mientras ^{más} alargada sea ésta más tarda en llegar el agua que cae en la parte más elevada de la cuenca drenada; la porosidad, pendiente, vegetación, y todas las características físicas de la cuenca, son también de vital importancia para determinar la cantidad de agua de lluvia que escurre hacia la alcantarilla y cuál será el máximo caudal que pueda superarse en vista de las máximas precipitaciones pluviales registradas en la región, tanto en caudal por unidad de superficie como en máxima duración y bien puede suceder, y sucede con frecuencia, que esta precipitación pluvial no sea uniforme en intensidad en toda el área drenada o que después de una ligera lluvia que llena todos los poros siga

un aguacero produciendo un escurrimiento mayor que el supuesto, pues las tierras ya saturadas se hicieron impermeables aumentando la proporción de escurrimiento; factores todos que complican demasiado el problema haciéndolo casi insoluble si no se eliminan muchos de los factores contingentes.

Fórmula de Talbot.—Basada en un número limitado de experiencias, a pesar de ser la más generalmente usada, nos da:

$$Q = A \frac{S}{L}$$

en la que Q es el área de la sección hidráulica en pies cuadrados; A , es el área drenada en acres; y c es un coeficiente que depende de las condiciones locales: para terrenos de agricultura ondulados, sujetos a avenidas en tiempos de deshielo, y cuya longitud sea 3 ó 4 veces su anchura, $c=1/3$; cuando el valle es más largo c disminuye; si el valle no es afectado por la nieve y es más alargado que el anterior, c puede llegar a valer $1/5$ ó $1/6$ y aun menos; c aumenta para pendientes laterales fuertes.

Fórmula de Kirzli-Ziegler:

$$Q = \text{ARC} (S/A)^{1/4}$$

en la que Q es el caudal del arroyo en P^3/seg ; A es el área drenada en acres; R es el caudal medio por hora de los aguaceros máximos en pulgadas; S es la pendiente general del área drenada expresada en milésimos; y c tiene los siguientes valores:

$c=0.75$ para calles pavimentadas en zonas comerciales

$c=0.625$ " " " " ordinarias

$c=0.30$ " " de macadam y jardines

$c=0.25$ " terrenos de cultivo.

Fórmula de Dickens:

$$D = c M^{3/4}$$

en la U es el escurrimiento en P^3/seg ; U es el área drenada en millas cuadradas; y c un coeficiente que vale:

Para una precipitación pluvial media de 4" en 24 horas:

$c=300$ en terreno plano
 $c=250$ " " quebrado
 $c=300$ " " montañoso

y para una precipitación pluvial media de 6" en 24 horas los valores respectivos de c son: 300, 225 y 300.

Fórmulas de Burlington:

$$a = 3094 \left(3 \frac{1}{4} \left[c \times \left(\frac{U}{P^2} \right) \right] \right)$$

que se usa para áreas drenadas de más de 640 acres y en la que a es dado en P^2 y U en millas².

Para menores áreas drenadas:

$$a = 0.29685 \times 15 \times A^{4/5}$$

en la que A es el área drenada en acres cuadrados.

Como puede verse en estas últimas fórmulas se desprecian todos los factores que intervienen en el escurrimiento, excepto el de área drenada y sus resultados no pueden ser sino muy poco aproximados aplicables a condiciones tan distintas como las que suceden prácticamente.

Método racional.-Este método es más bien aplicable y así se ha hecho hasta ahora, para la determinación de la sección de los tubos de albañales que recogen las aguas de lluvia en las ciudades, pero quizás en un futuro no lejano pueda aplicarse también para determinar la sección hidráulica de alcantarillas y puentes cuando se determinen los coeficientes de permeabilidad de las diversas clases de terrenos drenados por las corrientes.

No explicaré aquí en detalle el citado método porque, en mi opinión, es excesivamente laborioso y necesita datos de precipitaciones pluviales que no hay en la mayor parte de la República Mexicana, a más de que sería, en caso de haber todos los datos de lluvias, de prolijos resultados a causa de la dicha falta de experimentación en los coeficientes de permeabilidad.

La fórmula aplicable a nuestro caso es en definitiva:

$$Q = A \times I \times R$$

en la que Q es la capacidad que debe tener la alcantarilla en P^3/seg ; A es el área drenada en acres; I es el tanto por ciento de impermeabilidad; y R es la precipitación pluvial media en pulgadas por hora de las máximas que pueden ocurrir sobre el área drenada durante el tiempo de concentración.

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda en llegar la gota más alejada que cae sobre el área drenada a la alcantarilla. Este tiempo puede medirse experimentalmente observando el lapso transcurrido entre el principio del aguacero y el máximo escurrimiento en el lugar donde va a construirse la alcantarilla, pues ambos tiempos son aproximadamente iguales; puede también calcularse este tiempo así:

$$t = Y/L$$

en la que Y es la velocidad media de la gota más alejada en su recorrido hacia la alcantarilla y L es la longitud recorrida; Y se puede calcular por la fórmula:

$$Y = 200I \text{ } s^{1/2}$$

Siendo Y la velocidad en P/seg ; I , el coeficiente de impermeabilidad; y s , la pendiente.

Gregory da la siguiente fórmula para determinar el coeficiente

de impermeabilidad:

$$I = 0.175 t^{1/3}$$

Se ha encontrado que, para México,

$$R = 10 : t^{1/3}$$

que se determinó así: sobre papel milimétrico se dibujo una curva procurando unir todos los puntos dibujados con las siguientes coordenadas rectangulares: las ordenadas son las precipitaciones pluviales máximas en pulgadas por hora ocurridas en México; las abscisas son los tiempos de duración, en minutos, de estos aguaceros máximos y la ecuación de la curva resultó ser la anterior fórmula, en la que t es la duración del aguacero, en minutos, con una precipitación pluvial media p en pulgadas por hora.

Los coeficientes de impermeabilidad determinados experimentalmente son los siguientes:

$I = 0.90$ para pavimentos con bloques de madera, pavimento o asfalto;

$I = 0.75$ para pavimentos de macadam;

$I = 0.20$ para caminos de grava y macadam pobre;

$I = 0.40$ " banquetas de ladrillo;

$I = 0.75$ " " " cemento.

La fórmula usada por el método racional sí puede aplicarse al cálculo de cunetas de canchales, puesto que se conocen los coeficientes de impermeabilidad sobre las diversas clases de revestimientos.

Consideraciones prácticas que gobiernan las dimensiones de la sección hidráulica.—Para áreas drenadas de regular tamaño sí se regula su sección hidráulica en vista del escurrimiento máximo de las aguas de lluvia; pero para áreas muy pequeñas la sección se

proporciona más bien teniendo en cuenta la necesidad de su limpieza a mano que por su capacidad. Un tubo de 12" se limpia solo, es decir, no hay sedimentación y si la hay ésta es arrastrada por las corrientes sucesivas, cuando lo atraviesan aguas no muy turbias y la pendiente mínima es de 2‰; pero cuando el flujo es lodoso es conveniente colocar un tubo de 12" ó 18" para que se conserve limpio. Un tubo colocado con una pendiente suficiente para que el flujo alcance, dentro de él, una velocidad de 5 P/seg se conserva limpio cuando caudal vaya lleno sólo una cuarta parte. La velocidad de auto-limpia para arena y partículas de tierra es como de 1 P/seg; y para la grava gruesa, es de 3 P/seg. Las alcantarillas largas bajo llenos profundos no deben ser menores de 60cm de anchura, por la de altura para que un hombre pueda penetrar a través de ella; y limpiarlas a mano.

Es raro que las alcantarillas no se llenen bien, a pesar de que haya suficiente agua para ello, excepto cuando están colocadas al pie de los cerros en donde el agua, al entrar a la alcantarilla, reduce su velocidad considerablemente, pues las alcantarillas, en esos lugares, no pueden tenderse a la misma pendiente que tiene la barranca de donde reciben el agua ya que se producirían velocidades destructivas, alcantarillas muy largas y excavación de la cepa muy honda. Como la vena líquida se contrae al entrar a la alcantarilla, por la disminución de la velocidad, resulta que la capacidad de la alcantarilla se reduce y en esos casos hay que diseñar una alcantarilla de mayor sección hidráulica. Estas alcantarillas deben limpiarse después de cada avenida.

Aumento de altura en los puentes para dejar libre paso al hielo y demás materias en suspensión que arrastre la corriente en -

sus avenidas.-Para alcantarillas de concreto de pequeños claros, de menos de 3m, no se aumenta la altura por esta circunstancia, pues a lo más, lo que sucede es que se forman ligeros pozos durante flujos excepcionales que no tienen importancia. La distancia mínima entre la base de la estructura y el nivel de las más altas aguas es de 1' para claros de 12 a 40', y de 2' para claros mayores de 40'; para puentes de aradura y traves de acero esta distancia se acostumbra a hacerla de 4'; pero, en realidad, no pueden darse amplias reglas en este sentido, pues más bien es dependiente de las condiciones locales.

Localización de las alcantarillas.-Las alcantarillas se construyen en el camino y sobre corrientes naturales que lo cruzan, sobre pantanos naturales, sobre canales artificiales de drenaje o irrigación, sobre puntos bajos en el perfil del camino, (para elevar el nivel cuando el camino pasa por un área muy deprimida y de muy costoso relleno,) para desaguar áreas inundadas y para pasar el agua de una cuneta a otra en tangentes largas.

Una buena localización de alcantarillas es la que hace que el agua pase por debajo del camino sin dañarlo y tan pronto como sea posible. Para ello se requiere la uniformidad de la corriente en el canal natural y a través de la estructura con objeto de hacer mínimas o nulas las desviaciones o oscilaciones de la corriente por cambios de velocidad. No son de desearse los cambios bruscos en la dirección de la corriente ya que ellos modifican las velocidades produciendo oscilaciones del lado exterior de la curva y sedimentaciones del lado interior con depósito de hielo y basuras que obstruyen el canal. Frecuentemente con rectificaciones poco costosas de los alineamientos de los canales naturales

se reducen los claros y costos de las alcantarillas y puentes.

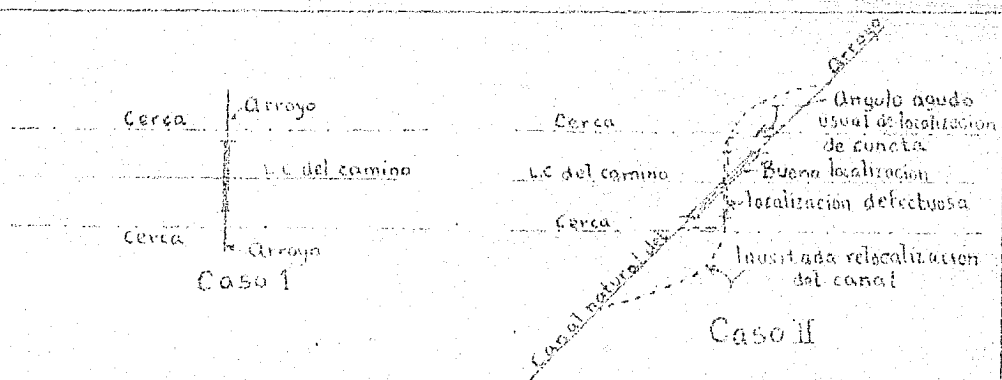
Caso I (Lám. 3).--Cruce el ángulo recto del camino con la corriente.--La estructura se coloca directamente sobre la dirección de la corriente formando ángulo recto con el eje del camino sin fuda alguna.

Caso II.--Cruce en ángulo agudo.--En este caso es conveniente colocar la alcantarilla en la dirección del canal natural de la corriente, aunque la alcantarilla quede esviada con respecto al camino. La localización marcada "pobre" (Lám. 3) economiza longitud de alcantarilla, pero requiere generalmente cuatro cambios bruscos en la dirección de la corriente que causan socavación y depósito en los ángulos. Tendiendo en cuenta los costos de mantenimiento es frecuentemente más económico hacer la alcantarilla esviada que perpendicular, a menos que el canal del arroyo sea convenientemente modificada como se ve en la figura.

Caso III.--Caso en que el agua puede llevarse paralelamente al camino por alguna distancia.--La localización marcada "buena" hace que el agua corra por el lado inferior del camino, con sólo un cambio de dirección y no brusco sino paulatino por medio de una amplia curva, es muy conveniente a menos que haya casas o graneros precisamente en los puntos donde la corriente da vuelta para entrar y dejar el camino; entonces se sigue la localización No. 2, cuando no hay casas del lado superior.

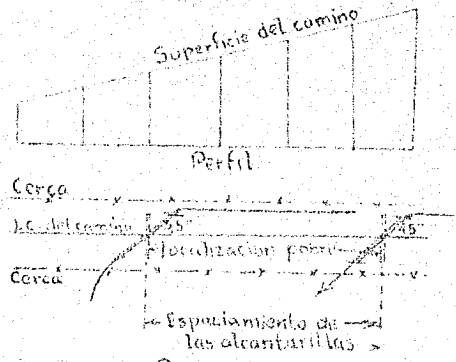
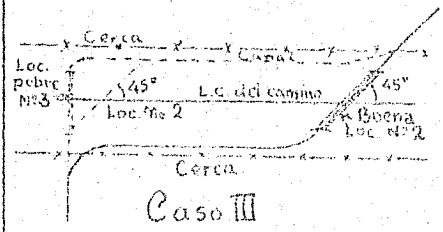
La localización 3 no es deseable bajo ninguna condición, pues modifica la velocidad del flujo, provoca sedimentación y socavación, y reduce la capacidad de la alcantarilla.

Caso IV.--Alcantarillas de alivio de runetas en lugares muy montañosos.--Estas alcantarillas son muy benéficas porque reducen la

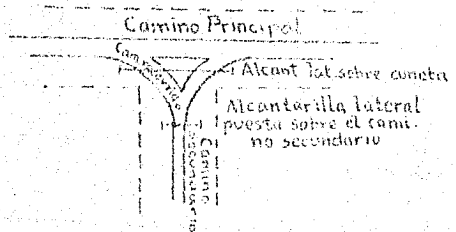


Figs. 6

Localización de Alcantarillas



Caso IV Alcantarillas de alivio de cunetas.



Caso V Alcant. laterales.

la sovación en las cunetas cuando éstas son de fuerte pendiente y llevan gran caudal. se colocan en cualquiera hondonada natural y sobre formaciones de pendiente uniforme; se espacian cada 100 ó 150m; aunque este espaciamiento depende de la pendiente longitudinal de las cunetas, carácter del suelo o del revestimiento y forma de la sección. Un camino estrecho de 2m en las montañas requiere más alcantarillas de alivio que uno de 6m, pues un pequeño deslave inutiliza totalmente el camino estrecho, mientras que, en el segundo caso, una pequeña sovación, no interrumpe totalmente el tráfico. No puede establecerse una regla absolutamente general para el espaciamiento de estas alcantarillas de alivio; pero la práctica corriente favorece la colocación de ellas cada 100m en pendientes no mayores de 3% y a 150m en pendientes de no menos de 5%. Revestiendo las cunetas con guijarros o concreto, puede aumentarse teóricamente el espaciamiento de estas alcantarillas, pero ello no es de aconsejarse porque es casi imposible llevar grandes volúmenes de agua en cunetas con pendiente longitudinal fuerte, sin que se derramen al camino. Cuando las cunetas recogen mucha agua es necesario construir cajas de depósito donde se descargan las cunetas y por medio de tubos sub-terráneos se lleva el agua fuera del camino.

Caso V.-Alcantarillas laterales.-Al diseñar las alcantarillas para que el agua atraviese, siguiendo longitudinalmente la cuneta, un camino ramal o lateral, deben construirse de longitud suficientemente grande para que el tráfico pueda dar vuelta con facilidad; mucha economía en longitud puede obtenerse colocando la alcantarilla a un lado y hacia abajo del camino lateral a corta distancia, pero sólo cuando la pendiente es suave.

Elección del tipo de estructura de alcantarillas y puentes.- La selección del tipo conveniente de estructura depende de la facilidad de construcción, apariencia, futuras ampliaciones, espesor del sistema de piso, cimentaciones, uso adecuado de pilas y combinación económica de estribos, diferentes tipos de super-estructuras y utilización de antiguos puentes.

Facilidad de construcción.- La facilidad y simplicidad en la construcción son muy convenientes particularmente para estructuras de caminos locales, donde no hay ingenieros competentes que vigilen su construcción. En estas condiciones se usan las alcantarillas de tubo de hierro colado, acero laminado, puentes con largueros de vigas de acero I y super-estructuras con pisos de losas de concreto simple, estribos y aleros de concreto ciclópico; pues todos estos elementos pueden construirse sin mucho cuidado y sin gran pérdida de resistencia.

Apariencia.- La apariencia de las estructuras no guía fundamentalmente en la elección del tipo de alcantarilla, principalmente en los caminos rurales; pero en jardines, cementerios, localizaciones en ciudades, sí es un factor importante. Los arcos de concreto, losas de concreto con balaustradas ornamentales son preferibles a los largueros de acero y armaduras abiertas.

Futuros ensanchamientos.- La probabilidad de futuros ensanchamientos de las estructuras tiene considerable influencia sobre el tipo de super-estructura y localización de estribos y aleros. Como el tráfico aumenta con frecuencia más allá de los límites previstos es a menudo útil elegir un tipo de puente que pueda ser fácilmente ampliado sin que haya necesidad de reconstruirlo totalmente. En este caso se usan, puentes de losa, de largueros y tra-

bes de alma llena; tipos todos que pueden ser fácilmente ampliados. Los tipos de puentes de armaduras a través no pueden ampliarse sin reconstrucción completa.

Espeor del piso.-A veces es necesario elegir un piso de espeor mínimo para evitar la construcción de costosos aproches y entonces se eligen puentes de losa apoyada directamente sobre vigas muy juntas para que la carga concentrada sobre la losa se reparta cuando menos sobre tres vigas y así poder usar una losa de muy pequeño espeor.

Cimentaciones.-Las cimentaciones sobre roca indican, generalmente, el puente de arco como solución más económica. Pero si el terreno no es muy firme para arcos de más de 3m de claro se necesita empilotado para su cimentación, cosa anti-económica y peligrosa, pues cualquier asentamiento destruye el arco. Los arcos de menos de 3m de claro pueden cimentarse sobre arcos falsos invertidos; pero éste no debe hacerse, pues parece que se quiere a fuerza construir arcos donde ese tipo no es el adecuado.

Los terrenos de cimentación ordinarios (barro, arenas, grava) hacen deseable tipos de super-estructura que transmitan la carga verticalmente sobre los estribos y que, en general, no se dañan fuertemente por pequeños asentamientos. Los tipos usados para estos casos son los de losa, pú^{de} de largueros con los extremos libres y aun para ellos se aconseja el uso de pilotes para claros de más de 12m cuando se preve posible socavación y no se halla roca para la cimentación.

Estribos y pilas.-El uso de pilas se confina generalmente a bajos cruces y donde el flujo es lodoso, de modo que permite el

uso de una serie de losas o super-estructuras sobre largueros en vez de armaduras o largueros de un solo claro. También permiten el uso de arcos múltiples que son tan de agradable apariencia. El costo se reduce debido al posible uso de super-estructuras y losas más delgadas.

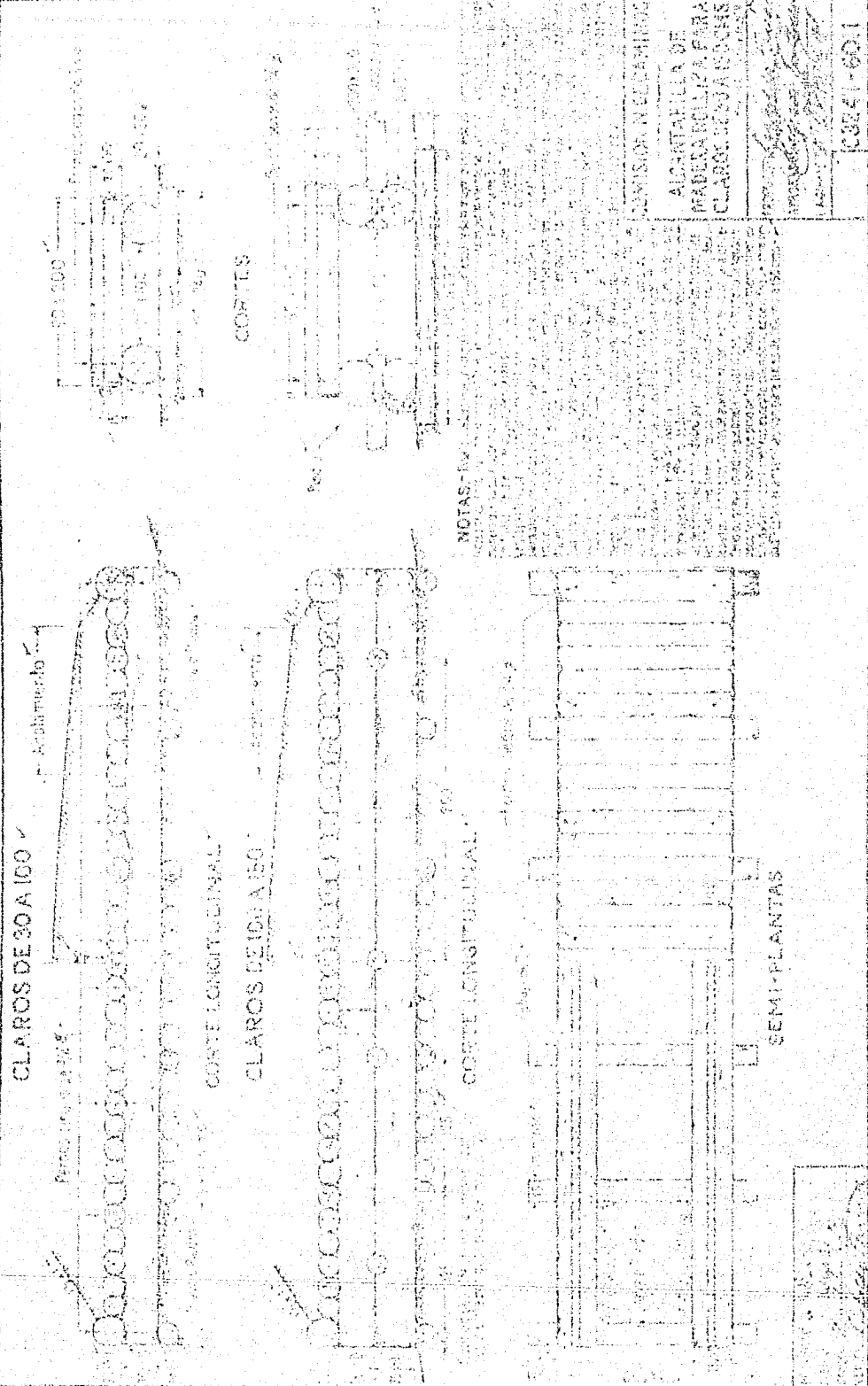
El concreto ciclópico es de uso común en claros cortos (15m o menos) en estribos y pilas y aun muchas veces son preferibles aun en largos claros, aunque en esos casos, sobre todo para estribos altos, se acostumbra a usar, por más económicos, caballetes de concreto armado. Estos caballetes se entierran como 3m cuando menos y cuando se halla roca se le quita la capa exterior descompuesta en un espesor como de 15cm.

TIPOS DE ALCANTARILLAS Y PUENTES.

Estructuras de emergencia o temporales.-Cuando el tráfico no garantice una construcción permanente, o cuando no lo permita el tiempo y haya necesidad de dar paso lo más pronto posible, o donde no se encuentren materiales utilizables para construir otras estructuras, se hacen alcantarillas y puentes provisionales.

Alcantarillas de cajón de madera.-Se hacen de tabloncillos de 2" x 12" clavándolos y proporcionando una abertura de 10" x 12". Pueden también construirse de mayores tamaños haciéndolas rígidas por medio de cinchos hechos con madera de 2" x 4" espaciados cada 2 ó 3' y los tabloncillos deben clavarse bien para que el empuje de la tierra no los desarme.

Puente provisional de madera.-Cuando una puente está fuera de servicio y se hace necesario la construcción de un puente temporal puede hacerse un puente bajo que sea brincado por las altas aguas utilizándose entonces como vado y se construye así: se co-



NOTAS: - Este proyecto es para un edificio de uso residencial, con un total de 10 plantas y un sótano. El edificio se ubicará en el lote 100 de la manzana 100 de la urbanización "Los Jardines" de la ciudad de Madrid. El terreno tiene una superficie de 10.000 m² y una altura máxima de 10 metros. El edificio tendrá una altura máxima de 10 metros y una superficie de 10.000 m². El edificio se construirá en un terreno que pertenece al Ayuntamiento de Madrid. El edificio se construirá en un terreno que pertenece al Ayuntamiento de Madrid. El edificio se construirá en un terreno que pertenece al Ayuntamiento de Madrid.

ALCANTARILLA DE
MADESADELLIZAPARA
CLAROS DE JUAN JANS

CONSEJO REGULADOR

LABOR

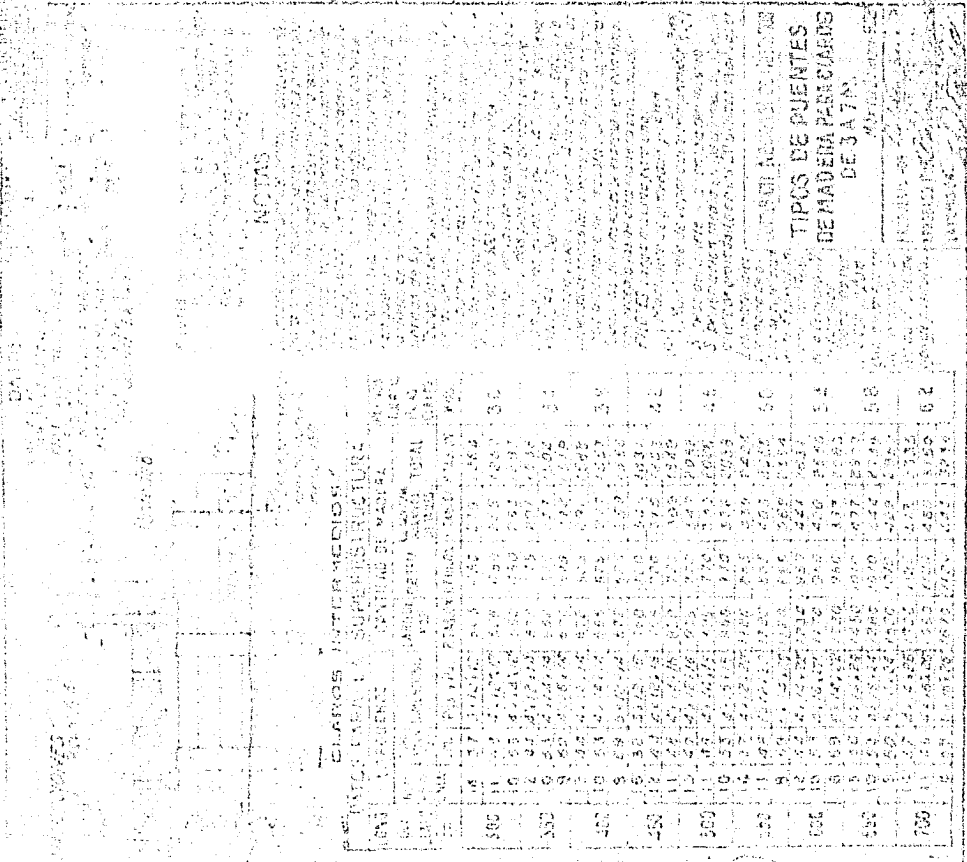
CORTE 1-001

se tienden dos o tres largueros a través de la corriente fijándolos en sus extremos por medio de clavos o alambres a estacas sólidamente enterradas en los taludes del río; sobre los largueros se clavan tablonos transversales que forman el piso; si el lado del puente de aguas arriba se hace 3" ú 8" más bajo que el lado de aguas abajo; la presión del agua, fluyendo sobre él, - tiende a impedir que sea arrastrado por la misma corriente.

Alcantarillas de madera rollisa.-La Comisión N. de Caminos de México tiene modelos de estas alcantarillas para claro de 0.30 a 1.50m como puede verse en la hoja US241-60.1 y se construye poniendo morillos o trozos de asiento, transversalmente a la corriente, espaciados 125cm y el diámetro mínimo de ellos es de 15cm; sobre ellos se colocan los trozos laterales o paredes que pueden ser de 30 a 50cm de diámetro. Para claros de 1.00 a 1.50m los trozos laterales se colocan en contacto entre sí en todo lo largo, o se pone un relleno de piedra entre las paredes de la alcantarilla y la tierra en cuyo caso se permite un espaciamento máximo de 10cm; cuando los trozos laterales no son de una pieza, se cuatrapean las juntas y se pone a cada lado un trozo de anclaje. Sobre los trozos laterales se tiende la cubierta, también hecha de trozos y todos en contacto entre sí. Todos los trozos en contacto tienen sus caras juntas con rebajes para que haya más dificultad de que el agua se escape por entre ellos. Entre los trozos de asiento se hace un piso de grava o piedra quebrada y cuando el terreno es fangoso o poco resistente se hace un piso de trozos. Toda la madera empleada es descortezada. Cada quinto trozo de cubierta se fija a los laterales por medio de dos pernos ciegos de 3/4" de diámetro.

C. H. P.

DATA:



NOTAS:

CLAROS INTERMEDIOS / SUPERSTRUCTURE

NO. DE CLAROS	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	VOLUMEN (M ³)	AREA (M ²)	PERIMETRO (M)	NO. DE COLUMNAS	NO. DE VIGAS	NO. DE REJES
1	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
2	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
3	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
4	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
5	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
6	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
7	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
8	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
9	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
10	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
11	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
12	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
13	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
14	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
15	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
16	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
17	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
18	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
19	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
20	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
21	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
22	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
23	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
24	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
25	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
26	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
27	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
28	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
29	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2
30	17.50	3.50	17.50	12.25	38.00	1	2	2

TIPOS DE PUENTES
DE MADERA PARALELOS
DE 3 A 7 M.

Nº C-3134-35.1

20/000 00/376 1932

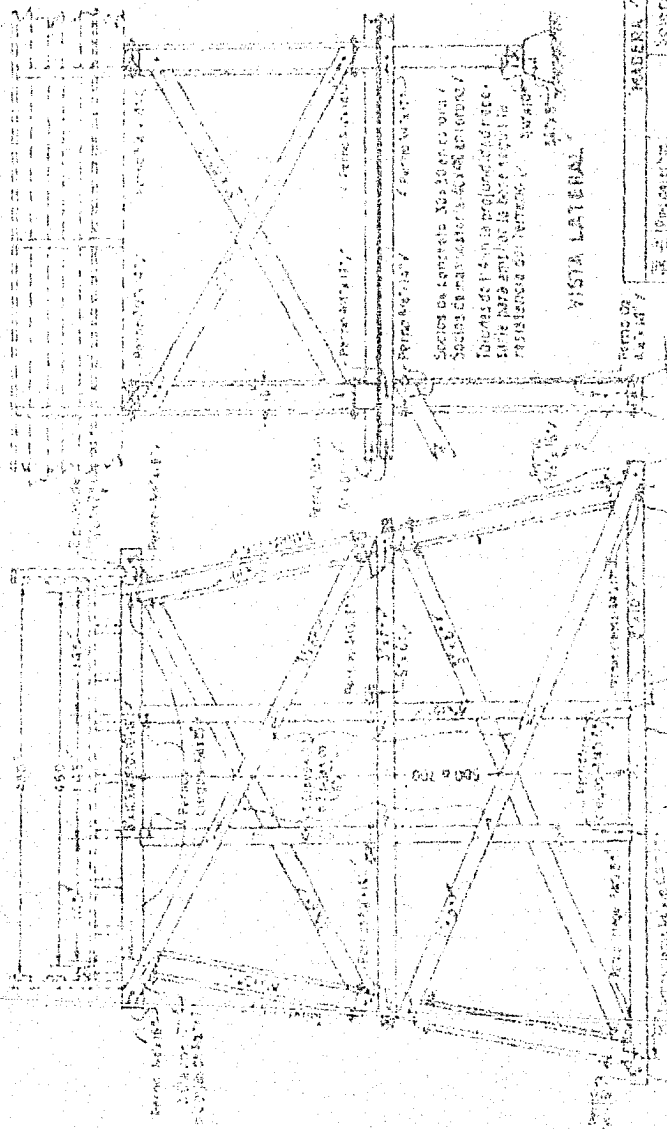
VERIFICADO

DATOS:

Lugar y fecha: Combará de la Cruz, 1938
 Tipo: Puente de madera
 Longitud: 500 m.
 Ancho: 10 m.
 Material: Madera
 Tipo de madera: Eucalipto
 Estado: Nuevo

NOTAS GENERALES: Este puente se construye sobre un terreno firme y nivelado. La estructura principal está formada por un sistema de vigas de madera que soportan el tablero del puente. Se han previsto los siguientes detalles:

- Las vigas principales tendrán un espesor de 20 cm.
- Las vigas secundarias tendrán un espesor de 10 cm.
- El tablero del puente tendrá un espesor de 5 cm.
- Se han previsto los siguientes tipos de juntas:
 - Juntas de tipo "cabeza de vaca" para las vigas principales.
 - Juntas de tipo "cabeza de vaca" para las vigas secundarias.
 - Juntas de tipo "cabeza de vaca" para el tablero.



MADERA	
1. Tipo de madera:	Eucalipto
2. Estado:	Nuevo
3. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
4. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
5. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
6. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
7. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
8. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
9. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
10. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
11. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
12. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
13. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
14. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
15. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
16. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
17. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
18. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
19. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
20. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
21. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
22. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
23. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
24. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
25. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
26. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
27. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
28. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
29. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
30. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
31. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
32. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
33. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
34. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
35. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
36. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
37. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
38. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
39. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
40. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
41. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
42. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
43. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
44. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
45. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
46. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
47. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
48. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
49. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
50. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
51. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
52. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
53. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
54. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
55. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
56. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
57. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
58. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
59. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
60. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
61. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
62. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
63. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
64. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
65. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
66. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
67. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
68. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
69. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
70. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
71. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
72. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
73. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
74. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
75. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
76. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
77. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
78. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
79. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
80. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
81. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
82. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
83. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
84. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
85. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
86. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
87. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
88. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
89. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
90. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
91. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
92. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
93. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
94. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
95. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
96. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
97. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
98. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
99. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
100. Tipo de junta:	Cabeza de vaca

COMISIÓN NACIONAL DE DISEÑOS
 MODELO DE CASALLETES
 PROYECTOS DE MADERA
 ALTURAS: 1.50 MT. /
 CLASIFICACIÓN: 1.50 MT. /
 Material: Madera

MADERA	
1. Tipo de madera:	Eucalipto
2. Estado:	Nuevo
3. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
4. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
5. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
6. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
7. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
8. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
9. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
10. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
11. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
12. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
13. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
14. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
15. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
16. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
17. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
18. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
19. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
20. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
21. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
22. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
23. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
24. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
25. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
26. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
27. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
28. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
29. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
30. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
31. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
32. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
33. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
34. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
35. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
36. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
37. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
38. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
39. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
40. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
41. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
42. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
43. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
44. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
45. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
46. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
47. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
48. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
49. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
50. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
51. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
52. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
53. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
54. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
55. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
56. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
57. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
58. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
59. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
60. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
61. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
62. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
63. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
64. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
65. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
66. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
67. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
68. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
69. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
70. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
71. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
72. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
73. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
74. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
75. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
76. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
77. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
78. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
79. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
80. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
81. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
82. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
83. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
84. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
85. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
86. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
87. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
88. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
89. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
90. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
91. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
92. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
93. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
94. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
95. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
96. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
97. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
98. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
99. Tipo de junta:	Cabeza de vaca
100. Tipo de junta:	Cabeza de vaca

PLANO /
SEMI-ELEVACION DE UN ESTRIBO
 Este dibujo muestra la estructura de un estribo del puente, con sus vigas principales y secundarias. Se han indicado las siguientes dimensiones:

- Altura total: 1.50 m.
- Ancho total: 10 m.
- Altura de la viga principal: 0.20 m.
- Altura de la viga secundaria: 0.10 m.
- Altura del tablero: 0.05 m.

Material: Madera

N.º 3153-363

Datos:

Campo elevación de D. 2026. 1111
 para el modelo G.E.C. 1111
 para las secciones de
 bridas.

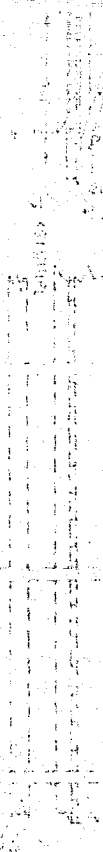
Campo de resistencia de
 el modelo G.E.C. 1111
 para las secciones de
 bridas.

CONSTRUCCIONES
 1111

MADERA		MATERIALES	
Material	Medida	Material	Medida
1-2	1-20	1-20	1-20
300	4-10	300	4-10
400	4-10	400	4-10
500	4-10	500	4-10

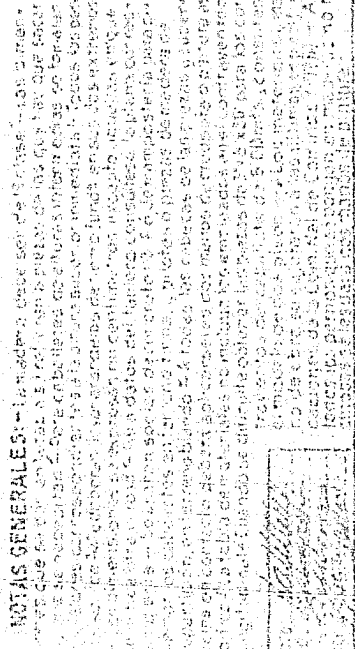
VISTA LATERAL

FLANCO DE UN ESTRIBO



NOTAS GENERALES: Las maderas debe ser de la clase "A" con un grado de humedad que no exceda el 15% y un peso de las que sea mayor que el de las maderas de la clase "B". Las maderas de la clase "A" deben estar libres de nudos y de otros defectos que puedan afectar la resistencia de la estructura. Los nudos deben estar bien trabajados y los miembros deben estar bien fijados. Las maderas de la clase "B" deben estar libres de nudos y de otros defectos que puedan afectar la resistencia de la estructura. Los nudos deben estar bien trabajados y los miembros deben estar bien fijados. Las maderas de la clase "C" deben estar libres de nudos y de otros defectos que puedan afectar la resistencia de la estructura. Los nudos deben estar bien trabajados y los miembros deben estar bien fijados. Las maderas de la clase "D" deben estar libres de nudos y de otros defectos que puedan afectar la resistencia de la estructura. Los nudos deben estar bien trabajados y los miembros deben estar bien fijados.

ELEVACION



COMISIÓN NACIONAL DE CAMBIO
 MODELO DE CASALLETES
 PROPANEOS PARA MADERA
 ALTURAS 2 A 5 METROS Y
 CLASIFICACIONES 7 METROS Y
 11 METROS

Nº 3033-732

Puentes de pilotes y largueros.—Los burros se hacen clavando cuatro pilotes en una línea perpendicular al eje del puente y se asierran sus extremos hasta quedar todos a la misma altura y a la elevación conveniente; después se unen sus extremos por medio de cabezales de madera sujetos con pernos; enseguida se tienden largueros de burro a burro y sobre ellos se clava el piso hecho de tablonés de madera; el puente se termina poniéndole un pasamano. En terreno firme los caballetes se cimentan sobre soclos de mampostería o de concreto 1:3:6. A todas las superficies en contacto se les aplica dos manos de pintura asfáltica. Cuando los caballetes están espaciados a más de 3' se acostumbra contra ventearlos longitudinalmente con tablonés de 2" x 10" unidos a los pilotes por medio de pernos. Si la distancia del cabezal a la tierra es de más de 5m deben usarse caballetes de dos pisos. Véanse Modelos C3133-35.2 y C3133-35.3 de la U. N. de Caminos de México. La madera usada debe ser siempre de 1a. clase; los pilotes de encino blanco y los de cedro rojo son considerados como los mejores; para los pisos se usa el encino y el pino y para otras partes el pino amarillo y el abeto; la madera debe ser siempre de calidad uniforme, sana, libre de nudos.

La carga que puede soportar un pilote, cuando el martillo cae libremente, se obtiene por medio de la fórmula:

$$P = 2Wh : (S + 1)$$

en la que P es la carga de seguridad en libras; h, la caída libre del martillo en pies; y S la penetración media en pulgadas de los últimos tres o cuatro golpes.

Cuando se usa un martinete de vapor o aire comprimido para clavar los pilotes, siendo S la penetración media en los últimos -

Tubos de metal corrugado
Edo. de New, Hampshire

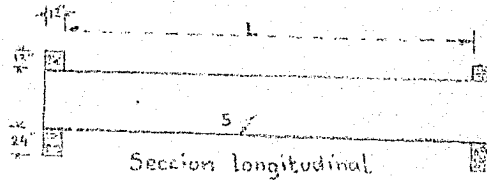


Fig. 7

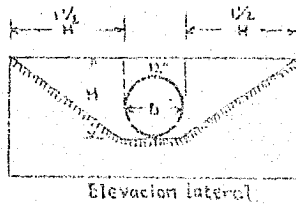


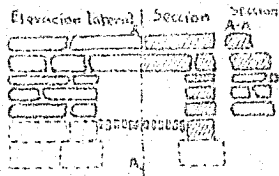
Tabla de propiedades

Diám. D"	Sección H x W	Cantidad p/Var.	Costo por yarda
10"	12 x 24	1.69	1.77
12"	16 x 28	1.39	1.66
15"	18 x 33	1.11	1.53
16"	20 x 36	1.00	1.47
18"	20 x 42	0.91	1.38
20"	22 x 42	0.84	1.32
24"	24 x 48	0.81	1.31
30"	30 x 54	0.71	1.26
36"	36 x 60	0.61	1.21

Velocidad 5 P/seg. $n=0.017$

Cantidades calculadas para
dimensiones mínimas

Fig. 8



Alcantarilla de cajón de
piedra.

20 golpes, la fórmula usada es:

$$P = 2Wh (S + 0.1)$$

Estructuras más permanentes.-

TUBOS:

Tubos de barro vitrificado.-Son económicos hasta para diámetros de 30", pero hay que colocarlos siempre sobre buenas cimentaciones y con suficiente terraplén encima para no ser destruidos por el tráfico. La base de la ceca excavada debe arredondarse y al llenarse con tierra la excavación, una vez colocado el tubo, debe ponerse concavidad y episcavación. La campana se pone siempre hacia aguas abajo y el nudo hacia arriba con objeto de evitar fugas de agua; las juntas se llenan generalmente con mortero de cemento, pues es necesario impedir la salida del agua ya que ésta reblandecería la cimentación produciendo asentamientos y roturas de los tubos.

Tubos de hierro.-Tienen mayor resistencia que los anteriores y se prefieren cuando la cimentación no es muy firme y cuando tiene que colocarse muy superficialmente de modo que sufre los golpes del tráfico, pues no se rompe fácilmente ni por asentamientos del terreno ni por choques; pero es muy costoso, pesa mucho y por ello se usa poco ordinariamente. También se usan cuando no hay suficiente pendiente para colocar el tubo con peligro de que se estanque y se congele con el consiguiente peligro de que el tubo estalle.

Tubos de acero corrugado y de acero laminado Fig. 7, Lám. 4.-

El tubo de acero corrugado tiene más resistencia que cualquiera otro y con un terraplén de un espesor igual a su diámetro soporta casi cualquier carga; son bastante ligeras y cuando se corro-

en u oxidan pueden envolverse en concreto.

Tubos de concreto.-Se usan casi en la misma extensión que los de hierro. Los tamaños mayores se refuerzan con acero. No deben colocarse nunca donde hay sales alcalinas porque éstas tienden a desintegrar el concreto.

Tubos cuates.-Cuando un tubo no es suficiente para dar paso a las aguas de la corriente en las avenidas, se ponen dos tubos - juntos generalmente de diámetros iguales.

Protección de los extremos de los tubos.-Los muros de cabeza son más importantes en los tubos de concreto y barro que en los de hierro colado o los de acero corrugado. El colchón de tierra sobre los tubos debe tener un espesor mínimo de 30cm. Cuando el terraplén sobre el tubo es delgado puede construirse el muro de cabeza paralelamente al eje del camino; pero donde hay fuerte terraplén se puede acortar la longitud del tubo haciendo aleros de concreto, piedra o madera. Los modelos 03252-31.1 y 03253-31.4 de la C. N. de Caminos de N. nos dan tipos de muros de cabeza de concreto 1:3:6 sencillos y en L de mampostería para uno y dos tubos; a veces puede sustituirse económicamente el muro de aguas abajo por una longitud adicional de tubo. Los muros de cabeza tienen por objeto trabajar como muros de sostenimiento y evitar la erosión del terraplén o corte por las aguas que entran y salen del tubo.

Cimentación de los tubos.-Es preciso que todos queden bien cimentados. Cuando el terreno es lodoso o suave se recomienda hacer un lecho de concreto de un espesor mínimo igual a la cuarta parte del diámetro del tubo.

Caída de entrada en los tubos.-Donde hay esta caída se construyen

cajas abiertas de mampostería para hacer entrar el agua que se derrama del cerro hacia la alcantarilla, sobre todo cuando la pendiente transversal del terreno es muy fuerte, pues de otro modo se inundaría el camino.

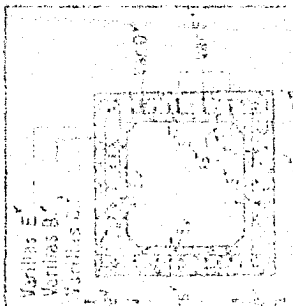
Pendiente de los tubos.—En general deben colocarse con la misma pendiente que tiene el lecho de la corriente que desaguan, pues si se les da mayor pendiente la salida es la ^{que} tiende a taparse por la acumulación de depósitos; si se le da pendiente menor, la entrada es la que se congestiona. Pero en todo caso la pendiente mínima aconsejable es de $\frac{3}{8}$, pues con una pendiente menor hay peligro de que el agua se estanque y le sedimente.

Clasificación de los tubos.—Tubos provisionales, como los de madera ya descritos; tubos semi-permanentes, como los de metal corrugado, barro vitrificado y concreto reforzado; tubos permanentes, como los de barro vitrificado envueltos en concreto, los de concretos reforzado encamados en concreto y los tubos de hierro colado. Los tubos de construcción semi-permanente no deben usarse en camino de primera clase excepto para hacer pasar el agua de las cunetas por debajo de un camino lateral.

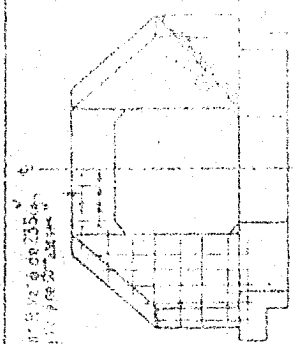
Los diámetros de los tubos varían desde 12" hasta 42".

En general puede decirse que los tubos son económicos para drenar pequeñas áreas y deben colocarse siempre sobre cimentaciones firmes.

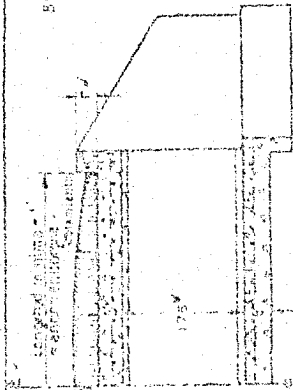
ALCANTARILLAS DE CAJON.—Fig. 8, Lámina 4.—Las alcantarillas más elementales de cajón son las hechas de piedra y como se describe a continuación: se forman usualmente de dos muros laterales y una cubierta. Los muros laterales se construyen de mampostería seca o con mortero, según convenga. La mampostería seca se usa cuando



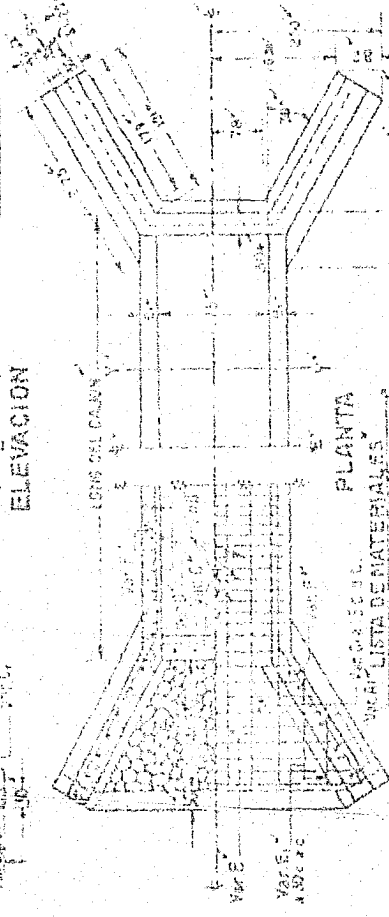
CORTE SEGUN Y-Y



VISTA LATERAL



ELEVACION



PLANTA

DATOS GENERALES
 Lugar: ...
 Nombre del Proyecto: ...
 Fecha de Emisión: ...
 Autor: ...

COMISIÓN DEL Jefe de Obras
 ALCANTARILLA
 DE COCHUIVE VERILTS
 MTS.

LISTA DE MATERIALES POR VARIAS VARILLAS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
VARILLAS B.V.
VARILLAS C.V.
...

LISTA DE MATERIALES POR BOQUILLA

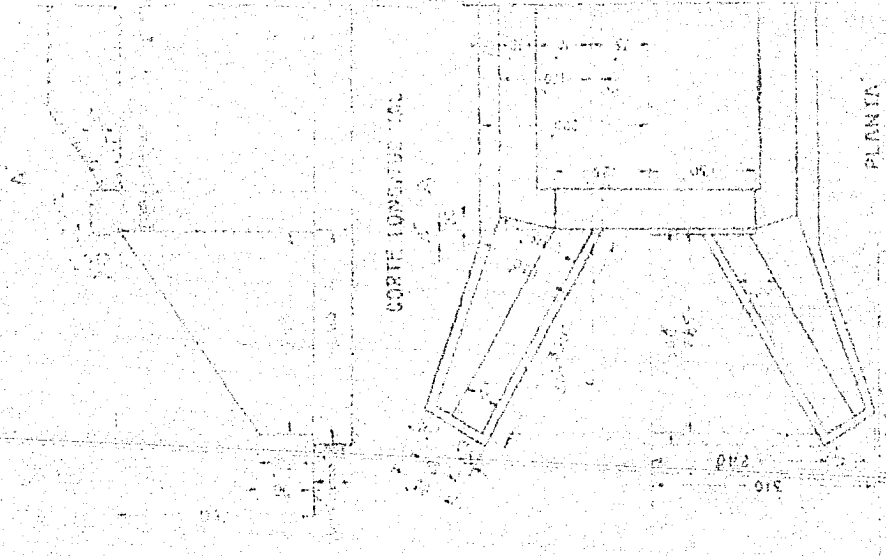
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
...
...

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA ALCA...
 1950

cuando la corriente es de muy pequeña importancia y la alcantarilla es de una capacidad mayor que la necesaria; pero cuando la alcantarilla se llena completamente en las avenidas, entonces sí debe mampostearse con mortero de cemento hidráulico. El uso de muros de cabeza son tan necesarios para estas alcantarillas como para los tubos. Donde hay abundancia de piedras estas alcantarillas son económicas. Se usan para claros de 2' a 4' y para alturas de 2' a 5'. La anchura se halla limitada por el tamaño de las piedras que se utilizan como cubierta o techo; pero se puede contruir, - cuando es necesario, una doble alcantarilla, es decir, dos aberturas con un solo muro central que sostiene dos cubiertas. El piso de la alcantarilla se reviste con piedra y este revestimiento debe prolongarse hasta más allá del término de la alcantarilla para evitar deslaves. El tamaño mínimo de estas alcantarillas es de 18" x 24" para que un hombre quepa dentro de ellas y las pueda limpiar. Los muros laterales deben enterrarse lo suficiente, abajo del piso, para obtener una buena cimentación; el grueso requerido para los muros laterales varía de $1/3$ a $3/4$ de la altura, según el empuje a que estén sujetos. El grueso de la cubierta debe ser de $1/3$ a $1/2$ del claro y la longitud del apoyo debe ser, sobre cada muro lateral, de cuando menos igual a la mitad del grueso del muro.

Cuando se dificulta obtener piedras grandes que sirvan de cubierta se recurre a las losas de concreto reforzado para ese objeto, véase modelo C3331-63.1 de la C. N. de C. de México, descansando sobre muros de mampostería de 3a.

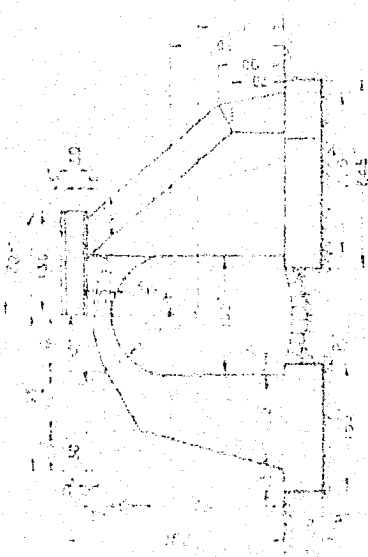
A veces sobre los muros de mampostería o de concreto se colocan largueros de vigas I de acero, modelo A3111-54.1, y sobre ellos



SUPER
 DUBBO
 ORLO
 ATENACE

PLANTA

CORTE LONGITUDINALE



SEMI-CORTE

SEMI-FRONTALE

PARTIGIA
 INVL
 TERRENO
 1:1000
 1941

1.0	194	207
1.1	172	211
1.2	141	218
1.3	122	224
1.4	100	231
1.5	710	237
1.6	433	243
1.7	241	250

VOLUMENI

Per il calcolo dei volumi si è
 considerato il terreno
 in piano.

NOTIZIE
 1. Il presente progetto è stato elaborato in base alle
 osservazioni e alle indicazioni fornite dal
 Committente. Il progettista non è responsabile
 per l'eventuale inosservanza delle norme
 tecniche di riferimento.

ESCALA 1:20

ING. CARLO
 PERUGINO

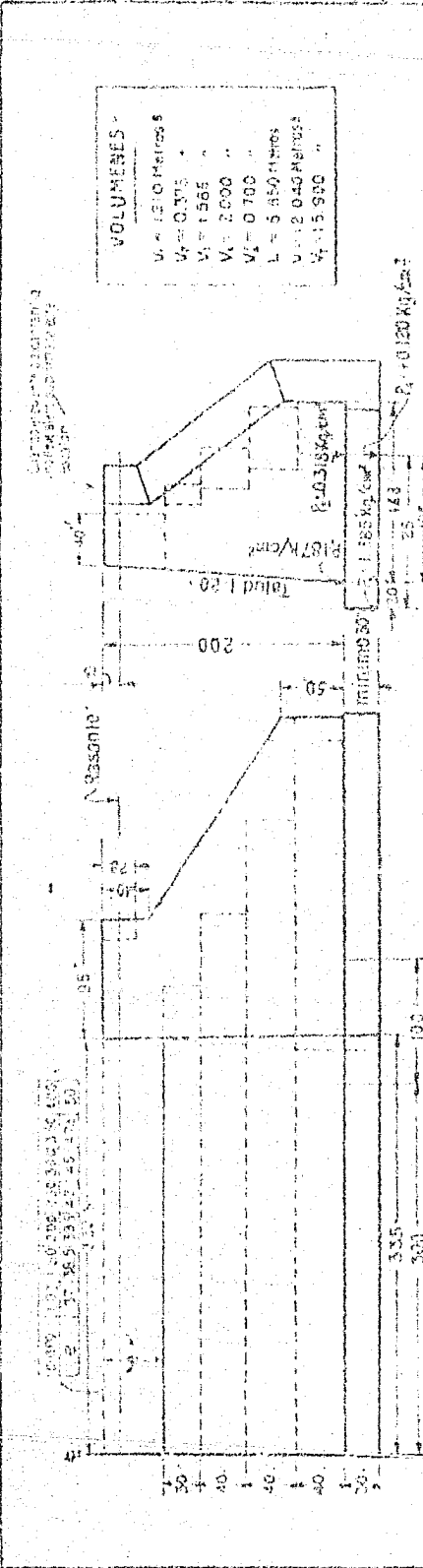
se cuele la losa de concreto que sirve de piso. El peso de la carga viva y de la losa es soportado por las vigas I.

ALCANTARILLAS DE CAJON DE CONCRETO.- C 3223-13.5.-Estas alcantarillas se adaptan bien para terrenos planos, donde es espacio para la construcción de un arco no es suficiente. También deben usarse en terreno suaves y no se recomienda su uso en terrenos firmes bajo terraplenes delgados.

ALCANTARILLAS DE ARCO.- C 3231-14.2.-Proporciona un tipo de alcantarilla que es extraordinariamente atractivo; cuando está bien construido es fuerte y durable y tiene una gran abertura para descargar agua. Es un tipo de alcantarilla que sólo debe construirse sobre cimentaciones firmes porque cualquier asentamiento afloja las mamposterías y destruye el arco. Generalmente estos arcos se construyen de piedra o de ladrillo; aunque en los últimos años el concreto ha reemplazado en gran extensión estos materiales debido, principalmente, a su conformidad a las condiciones locales, su relativa baratura, la variedad que proporciona el concreto reforzado así como su habilidad para soportar tensiones y compresiones.

ALCANTARILLAS Y FUENTES DE LOSA.-La C. E. de Caminos de México tiene un modelo, que se acompaña, de losas de concreto reforzado para claros de 1 a 7m, aunque generalmente se usan para claros de más de 20'. Son económicas de construir y producen un puente bien adaptado para terrenos más o menos a nivel. Los muros laterales del puente forman parapetos y frecuentemente se usan como trabes para fortalecerlos.

El concreto debe depositarse con cuidado de modo que el mortero y el agregado no se separen, pero sin dejar ningún hueco. Una pala plana puede usarse para empujar el concreto hacia las tablas



VOLUMENES

$V_1 = 1210$ Metros ³
$V_2 = 0.375$ "
$V_3 = 1565$ "
$V_4 = 2000$ "
$V_5 = 0.700$ "
$L = 5.850$ metros
$V = 12.040$ kilogramos
$V_2 = 15.900$ "

VISTA LATERAL

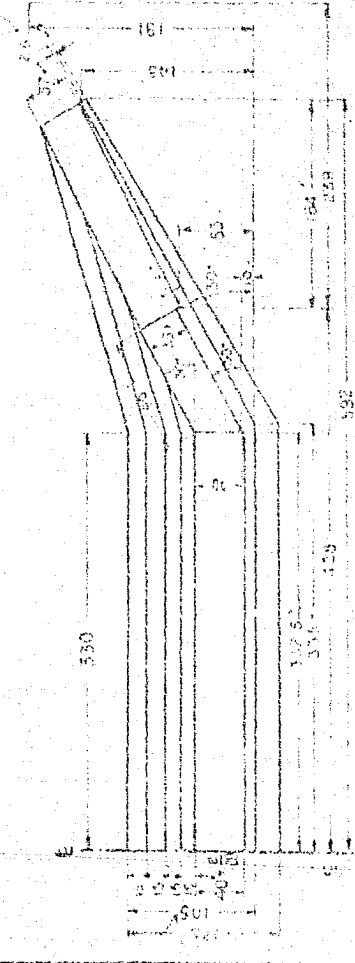
NOTAS GENERALES: La altura del muro no incluye el espesor del ladrillo. El muro debe estar sobre un cimiento de concreto. El muro debe estar sobre un cimiento de concreto. El muro debe estar sobre un cimiento de concreto.

ESCALA 1:50

ELEVACION

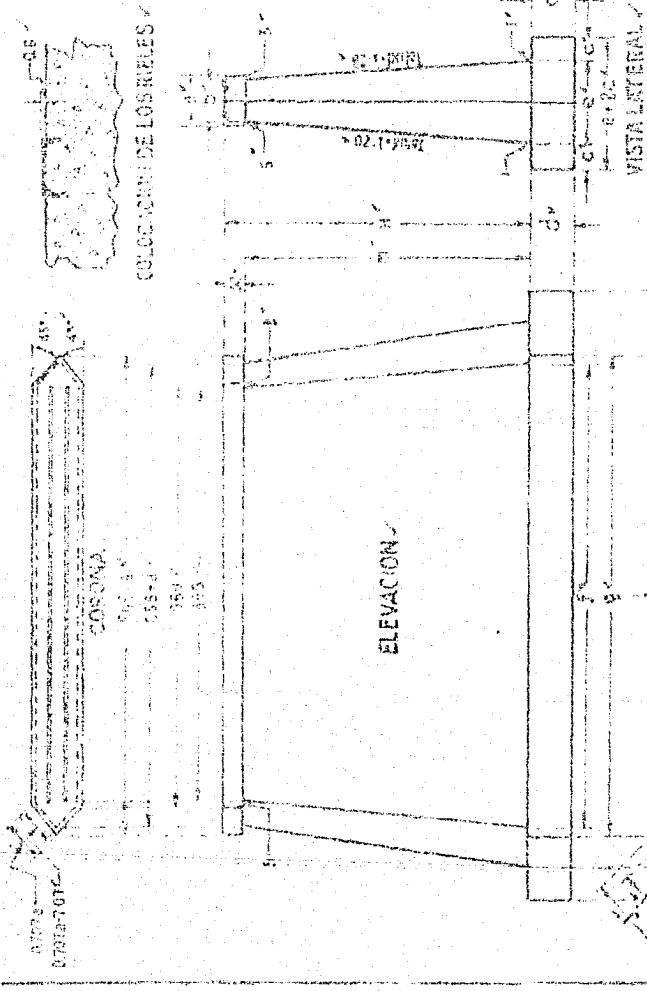
PROYECTADO POR: *[Signature]*
 DISEÑADO POR: *[Signature]*
 DADO: *[Signature]*
 VERIFICADO: *[Signature]*

COMISION NACIONAL DE CEMENTOS
**MODELO DE ESTRIBO
 DE MANPOSTERIA N.º 1.
 PARA CLAVIJETA A 1 MTS.
 Y ALTURAS DE 2 MTS.**
 MEXICO, D.F. 1960
 APROBADO: *[Signature]*
 N.º 03101-34.1



PLANTA

Modelo	Guardias en metros	Hogueras	Material	Material	Volumen de arena	Vol. del Cemento	Volumen Total
1	1.20	2.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.30	2.10	3.10	1.05	1.05	1.05	1.05
3	1.40	2.20	3.20	1.10	1.10	1.10	1.10
4	1.50	2.30	3.30	1.15	1.15	1.15	1.15
5	1.60	2.40	3.40	1.20	1.20	1.20	1.20
6	1.70	2.50	3.50	1.25	1.25	1.25	1.25
7	1.80	2.60	3.60	1.30	1.30	1.30	1.30
8	1.90	2.70	3.70	1.35	1.35	1.35	1.35
9	2.00	2.80	3.80	1.40	1.40	1.40	1.40
10	2.10	2.90	3.90	1.45	1.45	1.45	1.45
11	2.20	3.00	4.00	1.50	1.50	1.50	1.50
12	2.30	3.10	4.10	1.55	1.55	1.55	1.55
13	2.40	3.20	4.20	1.60	1.60	1.60	1.60
14	2.50	3.30	4.30	1.65	1.65	1.65	1.65
15	2.60	3.40	4.40	1.70	1.70	1.70	1.70
16	2.70	3.50	4.50	1.75	1.75	1.75	1.75
17	2.80	3.60	4.60	1.80	1.80	1.80	1.80
18	2.90	3.70	4.70	1.85	1.85	1.85	1.85
19	3.00	3.80	4.80	1.90	1.90	1.90	1.90
20	3.10	3.90	4.90	1.95	1.95	1.95	1.95
21	3.20	4.00	5.00	2.00	2.00	2.00	2.00
22	3.30	4.10	5.10	2.05	2.05	2.05	2.05
23	3.40	4.20	5.20	2.10	2.10	2.10	2.10
24	3.50	4.30	5.30	2.15	2.15	2.15	2.15
25	3.60	4.40	5.40	2.20	2.20	2.20	2.20
26	3.70	4.50	5.50	2.25	2.25	2.25	2.25
27	3.80	4.60	5.60	2.30	2.30	2.30	2.30
28	3.90	4.70	5.70	2.35	2.35	2.35	2.35
29	4.00	4.80	5.80	2.40	2.40	2.40	2.40
30	4.10	4.90	5.90	2.45	2.45	2.45	2.45
31	4.20	5.00	6.00	2.50	2.50	2.50	2.50
32	4.30	5.10	6.10	2.55	2.55	2.55	2.55
33	4.40	5.20	6.20	2.60	2.60	2.60	2.60
34	4.50	5.30	6.30	2.65	2.65	2.65	2.65
35	4.60	5.40	6.40	2.70	2.70	2.70	2.70
36	4.70	5.50	6.50	2.75	2.75	2.75	2.75
37	4.80	5.60	6.60	2.80	2.80	2.80	2.80
38	4.90	5.70	6.70	2.85	2.85	2.85	2.85
39	5.00	5.80	6.80	2.90	2.90	2.90	2.90
40	5.10	5.90	6.90	2.95	2.95	2.95	2.95
41	5.20	6.00	7.00	3.00	3.00	3.00	3.00
42	5.30	6.10	7.10	3.05	3.05	3.05	3.05
43	5.40	6.20	7.20	3.10	3.10	3.10	3.10
44	5.50	6.30	7.30	3.15	3.15	3.15	3.15
45	5.60	6.40	7.40	3.20	3.20	3.20	3.20
46	5.70	6.50	7.50	3.25	3.25	3.25	3.25
47	5.80	6.60	7.60	3.30	3.30	3.30	3.30
48	5.90	6.70	7.70	3.35	3.35	3.35	3.35
49	6.00	6.80	7.80	3.40	3.40	3.40	3.40
50	6.10	6.90	7.90	3.45	3.45	3.45	3.45



NOTAS GENERALES - La obra ha sido proyectada de acuerdo a las especificaciones del proyecto en el plan 34631 de la Ley 1733 de 1954, la cual es de obligatoria aplicacion para todas las obras de este tipo. Se ha considerado un coeficiente de seguridad de 1.50. La obra es de tipo estructural y se debe de construir con los materiales especificados en el proyecto. Se debe de tener en cuenta las especificaciones de los materiales y de la mano de obra. La obra es de tipo estructural y se debe de construir con los materiales especificados en el proyecto. Se debe de tener en cuenta las especificaciones de los materiales y de la mano de obra. La obra es de tipo estructural y se debe de construir con los materiales especificados en el proyecto. Se debe de tener en cuenta las especificaciones de los materiales y de la mano de obra.

El presente proyecto ha sido elaborado de acuerdo a las especificaciones del proyecto en el plan 34631 de la Ley 1733 de 1954, la cual es de obligatoria aplicacion para todas las obras de este tipo. Se ha considerado un coeficiente de seguridad de 1.50. La obra es de tipo estructural y se debe de construir con los materiales especificados en el proyecto. Se debe de tener en cuenta las especificaciones de los materiales y de la mano de obra. La obra es de tipo estructural y se debe de construir con los materiales especificados en el proyecto. Se debe de tener en cuenta las especificaciones de los materiales y de la mano de obra. La obra es de tipo estructural y se debe de construir con los materiales especificados en el proyecto. Se debe de tener en cuenta las especificaciones de los materiales y de la mano de obra.

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

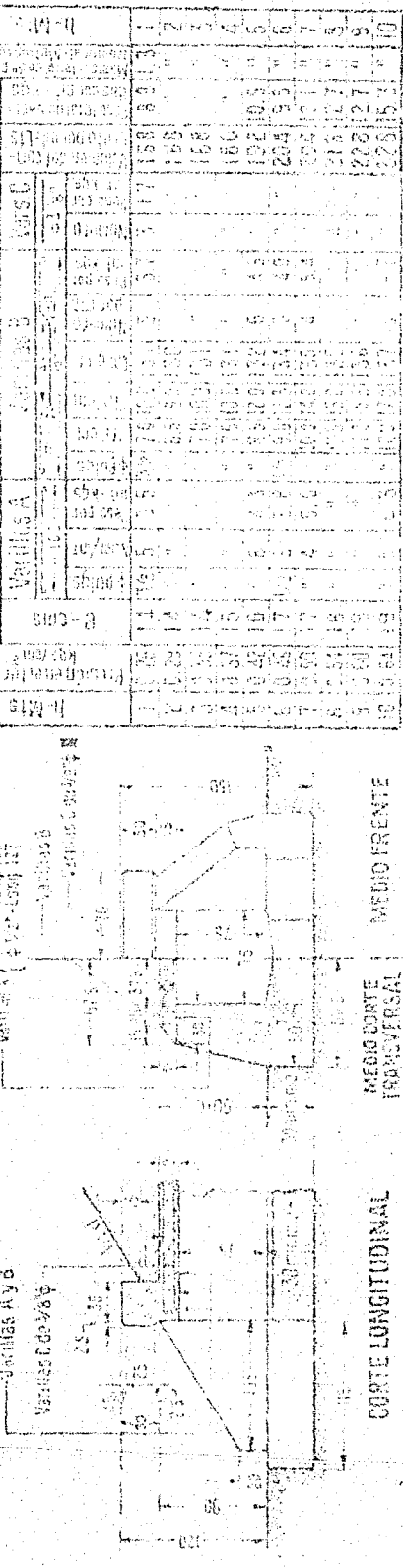
CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIOS DE MONEDERIA

ITEM	DESCRIPCIÓN	VARIAS A		VARIAS B		MISC	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
		1	2	3	4					
1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	m ²	1.1	1.1
2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	m ²	1.2	1.2
3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	m ²	1.3	1.3
4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	m ²	1.4	1.4
5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	m ²	1.5	1.5
6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	m ²	1.6	1.6
7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	m ²	1.7	1.7
8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	m ²	1.8	1.8
9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	m ²	1.9	1.9
10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	m ²	1.10	1.10

LOSA DE CONCRETO REFORZADO

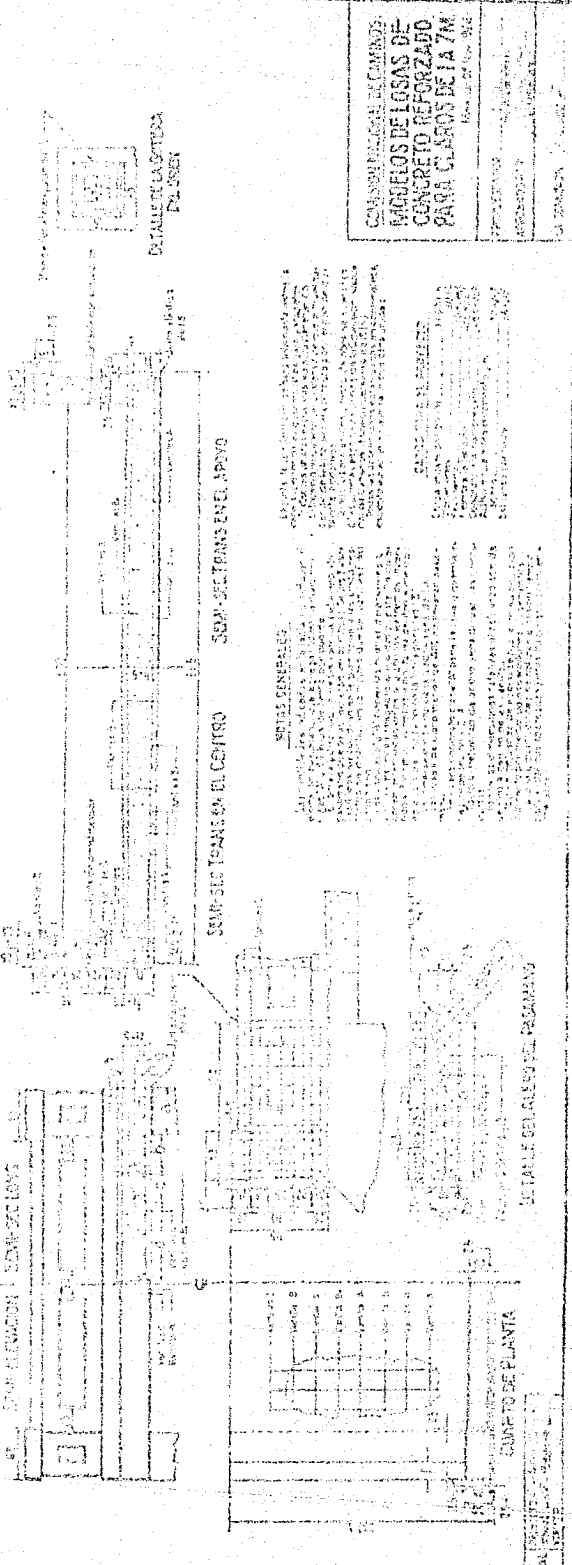
COMISIÓN NACIONAL DE CAMARAS
ALCANTARILLA DE LOSA
DE CONCRETO SOBRE
MUROS DE MANESTERIA
DE 0.75 x 0.75 M.
MAYO DE 1968



VOLUMENES CONSTANTES
MAYO DE 1968
DISEÑADO POR: [Name]
REVISADO POR: [Name]

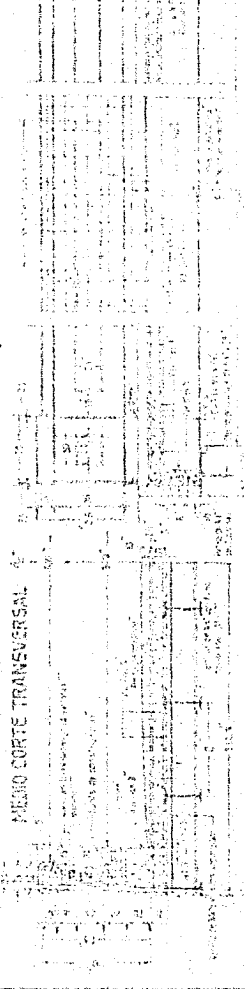
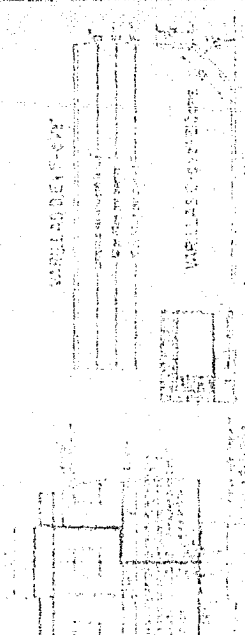
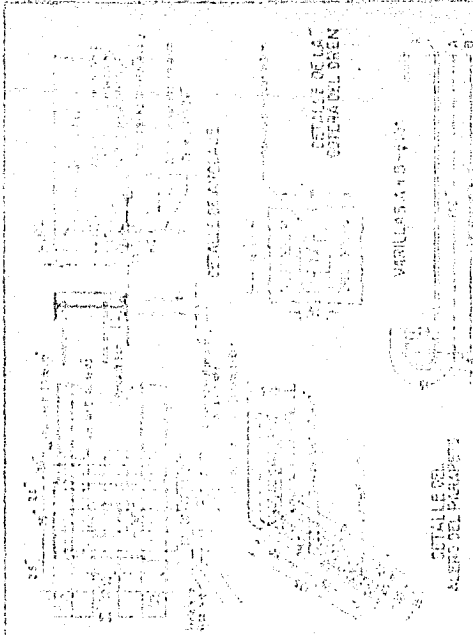
NOTAS GENERALES: Se ampliare el espesor de 30 cm. a 35 cm. en los extremos de las varillas de refuerzo, para el mejoramiento de la unión de la losa con los muros. Las varillas de refuerzo en los extremos de la losa se colocarán en el centro de los muros. Se colocarán varillas de refuerzo en los extremos de la losa para evitar el efecto de la flexión. Se colocarán varillas de refuerzo en los extremos de la losa para evitar el efecto de la flexión. Se colocarán varillas de refuerzo en los extremos de la losa para evitar el efecto de la flexión.

DIMENSIONES	REFUERZO DE LA LOSA		REFUERZO DEL PACAMANO		CANTIDAD DE BARRAS	CANTIDAD DE BARRAS	CANTIDAD DE BARRAS	CANTIDAD DE BARRAS
	Vista A	Vista B	Vista C	Vista D				
1	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100	100	100
25	100	100	100	100	100	100	100	100
26	100	100	100	100	100	100	100	100
27	100	100	100	100	100	100	100	100
28	100	100	100	100	100	100	100	100
29	100	100	100	100	100	100	100	100
30	100	100	100	100	100	100	100	100
31	100	100	100	100	100	100	100	100
32	100	100	100	100	100	100	100	100
33	100	100	100	100	100	100	100	100
34	100	100	100	100	100	100	100	100
35	100	100	100	100	100	100	100	100
36	100	100	100	100	100	100	100	100
37	100	100	100	100	100	100	100	100
38	100	100	100	100	100	100	100	100
39	100	100	100	100	100	100	100	100
40	100	100	100	100	100	100	100	100
41	100	100	100	100	100	100	100	100
42	100	100	100	100	100	100	100	100
43	100	100	100	100	100	100	100	100
44	100	100	100	100	100	100	100	100
45	100	100	100	100	100	100	100	100
46	100	100	100	100	100	100	100	100
47	100	100	100	100	100	100	100	100
48	100	100	100	100	100	100	100	100
49	100	100	100	100	100	100	100	100
50	100	100	100	100	100	100	100	100



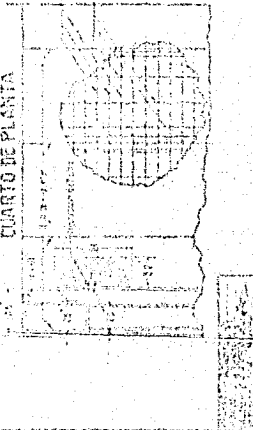
COMUNICACION DE CANTON
MOQUELOS DE LOSAS DE CONCRETO REFORZADO PARA CLAROS DE 7M
 Fecha: 02/05/2016
 Autor: [Name]
 Revisado: [Name]
 Aprobado: [Name]

	VIGUETAS	TIRES	LOSA	RESAPETO	TOTALES
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



INSTITUCION NACIONAL DE CARRETERAS
MÓDULO DE PUENTES
DE VIGUETAS Y LOSA DE
CONCRETO REFORZADO
 DISEÑO Y EJECUCION DE OBRAS DE CONSTRUCCION DE PUENTES DE VIGUETAS Y LOSA DE CONCRETO REFORZADO.

ELEVACION
 PISO CORTE TRANSVERSAL
 DETALLE DE LA COTERAZA DEL DREN
 VIGUETAS Y LOSA



No. 1311-581
 1958

de las formas, pero procurando que el agregado grueso no quede pegado a las tablas. El concreto debe ser plástico, pero nunca demasiado fluido pues, aunque es más fácil de colocar alrededor de las varillas, el agua debilita el concreto. Con objeto de que los esfuerzos sean iguales y no se debilita el concreto en algunas partes debe tenerse cuidado de que no escorra el agua llevándose consigo el cemento. Siempre que se interrumpe el colado del concreto, la superficie antigua, antes de colar el nuevo concreto, debe húmedarse y aplicársele una lechada de cemento con la consistencia de crema. Las juntas sólo deben hacerse en donde lo indiquen los planos, como entre la guardación y los pasamanos en los planos mostrados de la Comisión de Caminos de México.

VADOS.—Cuando las corrientes, canales de irrigación etc. que cruzan el camino y son muy superficiales no llevando agua sino ocasionalmente se pueden omitir el puente y el cruce se hace construyendo un vado. El camino que cruza el arroyo se hace ligeramente más bajo que el lecho del arroyo que atraviesa. El camino requiere en ese lugar una base dura hecha de grava o arena que no sea fácilmente deslavado por las aguas. La lesa de grava que se echa sobre la base así preparada y endurecida con grava, piedra quebrada, madera o concreto, se echa la lesa de concreto que es como de 6" de espesor que se protege de deslaves por medio de dentellones a ambos lados, hacia aguas arriba y hacia aguas abajo, Fig. 9, Lám. 5, o por medio de pilotes. En los vértices del vado se clavan 4 postes para marcar, durante las avenidas, la profundidad del manto de agua que atraviesa el camino y así saber si se puede pasar sin peligro o no. La capa de arena que se deposita sobre el vado después de cada avenida se barre fácilmente.

Se construyen otros vados provisionales que se hacen de tablonnes de madera amarrados a extremos de alambres que han sido anclados por el otro extremo, así es que bajo una carga ligera los tablonnes flotan sobre el agua y los peatones y animales pequeños pueden pasar sobre él sin mojarse los pies, mientras que, bajo una pesada carga, se hunde hasta el fondo, formando un camino sólido y seguro. Estos vados se usan frecuentemente para dar belleza y variedad al paisaje del camino.

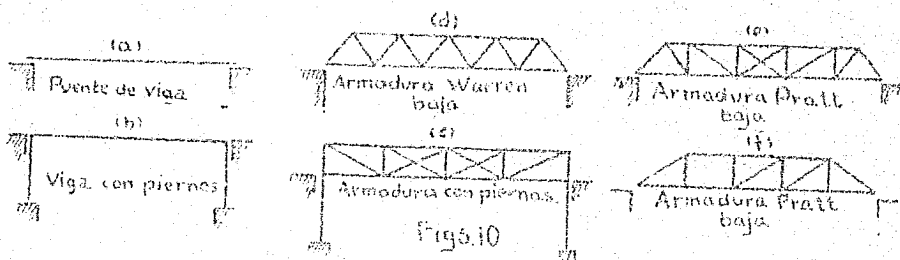
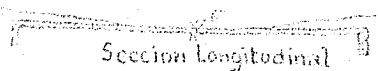
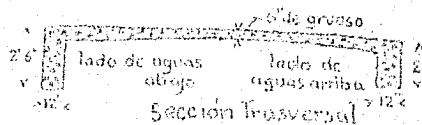
LIMITACIONES DE CLAROS SEGUN LOS TIPOS DE ALCANTARILLAS
Y PUENTES EN USO.

Tipo	Claros.
Alcantarillas de tubo	12" á 42"
Alcantarillas de cajón	2' a 10'
Losas de concreto reforzado	5' a 25'
De largueros de vigas I de acero	10' a 55'
De largueros de concreto reforzado (Ts)	30' a 40'
De parapetos reforzados	20' a 50'
Arcos de concreto reforzado	6' a sin límite
Puentes de alma llena (paso superior o a través)	40' a 100'
Armaduras bajas de acero	40' a 100'
Armaduras altas de acero	90' a sin límite.

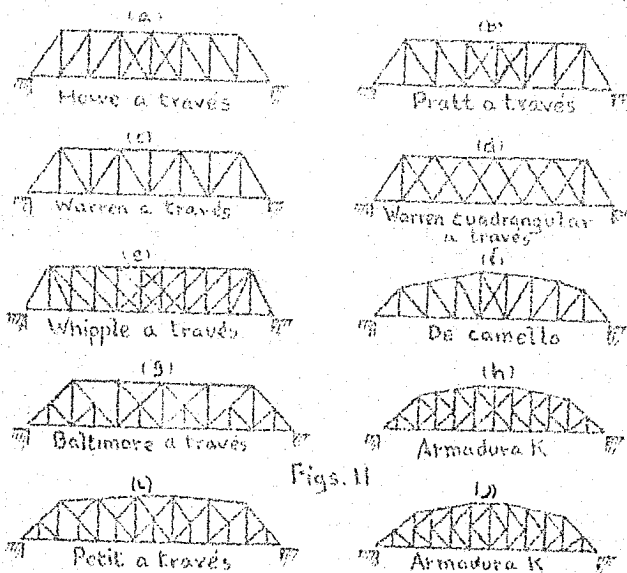
Tipos de armaduras de acero altas y bajas actualmente en uso.--
Figs. 10 y 11, Lám. 5.--El tipo más simple de puente es el de viga (a). Los puentes de viga están formados comúnmente de vigas I y se colocan suficientemente juntas para cargar el piso del puente. Cuando las cimentaciones son relativamente costosas las vigas pueden ser soportadas por postes (b). Un puente de armadura con piernas se muestra en (c). Los tipos (b) y (c) son estructuras in-

Fig. 9.

Vado de concreto



Tipos de puentes de cortos claros.



Armaduras altas para puentes.

feriores que no deben usarse a menos que se construyan con gran cuidado. Una armadura Warren es una combinación de triángulos isósceles como se ve en (d) Fig. 10 y en (c) Fig. 11. Una armadura Pratt tiene sus miembros verticales sujetos a compresión, mientras que sus miembros diagonales lo están a la tensión, como se ve en (e) y en (f) Fig. 10 y en (b) Fig. 11. La armadura Warren se construye generalmente con sus juntas remachadas mientras que la Pratt es articulada. La armadura baja Warren con juntas remachadas se muestra en (d) y es generalmente preferida a la armadura Pratt baja, en cualquiera de sus formas (e) o (f). La armadura Howe tiene sus miembros verticales trabajando a la tensión y sus miembros inclinados a la compresión como se ve en (a) Fig. 11. Las cuerdas superior e inferior y los miembros inclinados de la armadura Howe son comúnmente hechos de madera, mientras que los miembros verticales sujetos a tensión son hechos de varillas de hierro o acero.

La armadura Whipple, (c) Fig. 11, es una doble intersección de la armadura Pratt. Esta armadura fue diseñada para dar cortes rectángulos en largos claros que tienen una considerable altura. Los esfuerzos en la armadura Whipple son indeterminados para cargas móviles y su uso ha sido prácticamente abandonado y se usa en su lugar ahora la Baltimore Fig. 11. La armadura cuadrangular Warren, (d) Fig. 11, con juntas remachadas, es un tipo de armadura a través que se usa mucho en caminos con claros de 80' a 170'.

Para claros, decimos, de 170' a 240' es de uso común la armadura articulada tipo Pratt con las cuerdas inclinadas como en (f),

La armadura Baltimore (g) Fig. 11, es una armadura Pratt con cuerdas paralelas en que los principales rectángulos se han subdividido por formas auxiliares. La armadura Baltimore con cuerdas su-

periores inclinadas, (i) Fig. 11, se llama armadura Petit. Los esfuerzos en las armaduras Baltimore y Petit son estáticamente determinados para todas las condiciones de carga. Estas armaduras son de construcción económica y de servicios satisfactorios y han reemplazado a la armadura Whipple en puentes de largos claros.

Las armaduras K mostradas en (h) y (j), Fig. 11, son más económicas que la armadura Petit, tienen menores esfuerzos secundarios y se están haciendo de uso general.

Los tipos simples de armaduras de puentes descritos antes son los de uso más común; pero hay muchos otros tipos de armaduras que han sido usados y luego abandonados.

PUNTES DE LARGUEROS DE ALMA LLENA.—Para claros como de 30' y bajo vigas laminadas se usan a menudo para cargar el camino; mientras que para claros de 30 a 100' se usan los puentes de alma llena. Cuando el camino es soportado sobre los largueros, se dice que el puente es de paso superior, y cuando el camino pasa por entre los largueros se dice que el puente es a través.

PUNTES GIRATORIOS.—Los puentes giratorios pueden hacerse de traveses de alma llena o de armaduras y pueden girar alrededor de un pivote central o sobre una plataforma giratoria colocada sobre un tambor. El pivote central del puente giratorio tiene dos claros continuos soportados sobre el pivote, mientras que el puente de plataforma giratoria tiene tres claros ordinariamente continuos sobre dos soportes de ^{la}plataformas giratorias. Cuando el puente giratorio se abre, cada brazo actúa como una viga simple cantilever.

BURROS DE ACERO.—Los burros de acero se usan cuando hay necesidad de soportar el camino a una considerable distancia arriba de

la tierra. Las torres de los claros intermedios se construyen generalmente con lámina de palastro. Las torres se hacen de dos o tres pisos con contraviento longitudinal. Los contravientos se hacen con miembros diagonales rígidos o ajustables.

ARCOS DE ACERO.-Los arcos de acero se hacen de tres articulaciones, de dos o sin ninguna articulación y pueden tener almas sólidas.

PUENTES CANTILIVER.-Un puente cantiliver consiste de dos claros anclados que soportan un solo claro suspendido. Los extremos de las riberas se anclan a la pila de la costa y se sostienen sobre la pila que se halla sobre el río.

PUENTES COLGANTES.-En un puente colgante el camino está sostenido por soportes amarrados a cables principales. Se colocan armaduras rígidas sobre el plano del camino para ayudar a distribuir las cargas vivas y con objeto de aumentar la rigidez de la estructura.

CAPITULO V.

CALCULOS DE LA SECCION HIDRAULICA Y PRESUPUESTOS DE ALCANTARILLAS Y PUENTES CONSTRUIDOS POR EL SUSTENTANTE.

Todas las secciones hidráulicas de las alcantarillas y puentes construídos se determinaron por las huellas de las más altas aguas dejas por la corriente y sin desaprovechar los datos de aguas máximas suministrados por los ribereños y como comprobación se midió, en todos los casos, el área drenada teniendo cuidado de observar su carácter para poderla clasificar dentro de los terrenos experimentados por Talbot cuya fórmula se utilizó para verificar las secciones hidráulicas observadas.

La fórmula de Talbot, expresada en el sistema métrico, es:

$$a = 0.1832 A^{3/4} c$$

en la a es el área de la sección hidráulica expresada en metros cuadrados; A es el área drenada en hectaras y c es un coeficiente que varía de 1.00 a 0.20 como sigue:

en terreno montañoso y escarpado	c = 1.00
en lomerías con pendientes moderas	c = 0.80, 0.60
en terreno ondulado	c = 0.50, 0.40
en terrenos plano	c = 0.30, 0.20

En todos los casos el área drenada se midió a pasos o con estadia según su longitud y cada kilómetro se medía la anchura cuyo promedio era multiplicada por la longitud total; la sección hidráulica calculada se aumentó, en todos los casos, en un 10% como factor de seguridad.

Todos los puentes y alcantarillas construídos se sujetaron a los planos Tipos de la Comisión Nacional de Caminos de México.

Los presupuestos siguientes se basan en los siguientes sueldos diarios de trabajadores y costos de materiales puestos en la obra:

1 ingeniero y cadeneros	\$20.00	Los materiales, puestos en la obra, se compraron como sigue:	
Albañilería			
Oficial	5.00	Piedra, m ³	\$ 4.00
Albañil	3.60	Cal, Tonelada	21.00
Peón	1.50	Cemento, Tonelada	53.00
Carpintería		Madera, 1000'	120.00
Oficial	6.00	Acero laminado, Ton.	205.00
Carpintero	4.00	Varillas dobladas, Ton	225.00
Ayudante	3.00	Clave, Kg.	0.90
Concreto y acero		Alambre, Kg.	0.60
Oficial	5.00	Arena y grava, con	
Ayudante	3.00	extracción, acarreo	
Terracerías		y lavado, m ³	4.90
Cabo	3.00		
Peón	1.50		
Maquinaria			
Bomba centrífuga	8.00		
Mezcladora	20.00		
Camión de agua	20.00		
Camiones White de 2.5T	30.00		

El costo medio de la grava y de la arena se calculó así:

el término medio de arena y grava extraídas, cribas^{da} y lavadas, al día, era de 29 m³ y los gastos hechos se clasifican así:

3 camiones White a 30.00\$ c/u	90.00\$
1 bomba para el lavado	8.00
1 cabo	3.00
25 peones, a 1.50\$ c/u	37.50
1 mecánico	4.00
1 ingeniero, una hora inspección	2.50
	<u>142.00</u>

Costo del m³ de grava y arena
listas para el colado:

$$142 : 29 = \underline{4.90\$}$$

ALCANTARILLA DE BÓVEDA DE MAMPOSTERÍA

Claro = 1.00m

Altura = 0.50m

Sección hidráulica: $a = 0.18 \times 0.5 \times 20^{3/4} = 0.85 \text{ m}^2$ Cuenca de alimentación: 20 Hs. en terreno ondulado donde $c = 0.50$ Al-tura, $h = 0.85 - 157 \times 0.5^3 = 0.45\text{m}$, pero se hizo de 0.50m.

Tipo: alcantarilla de bóveda de mampostería de medio punto, modelo 03231-14.1 de la C. R. de Caminos de México.

PRESUPUESTO

CLASE DE TRABAJO	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
Reconocimiento de la cuenca, determinación de su área y trazo de la alcantarilla	20 Hs	0.50	10.00
Desviación			50.60
Excavación para los cimientos y desviación del arroyo (tierra)	46 m ³	0.59	26.25
Const. cimientos con mampostería de 3a. y mortero de cal 2:7	11.5 m ³	11.50	132.25
Const. de estribos de mampostería de 2a. clase y con mortero de cal 2 : 5	11.5 m ³	12.70	145.60
Const. cimbras			30.50
Const. bóveda con mampostería de 2a. y mortero de cal 2:5 y acabado de la obra	8 m ³	19.10	152.70
Regado de agua			12.50
Quitado de formas			3.50
6% de gastos de campamento			564.00
			38.84
			<u>599.84</u>
COSTO TOTAL...			599.84

Costo del metro cuadrado de sección hidráulica: $599.84 : 0.85 = 705.69 \text{ \$}$

Nota.-Se utilizaron las cimbras de otro puente ya construido.

ALCANTARILLA DE LOSA DE CONCRETO ARMADO.

Claro = 1.00m

Altura = 0.80m

Sección hidráulica: $a = 0.18 \times 0.80 \times 12^{3/4} = 0.73$, más 10% = 0.80m²
 Cuenca de alimentación: 12 Hs en lomeríos, donde $c = 0.60$
 Tipo: losa de concreto armado sobre estribos de mampostería de 3a. clase, según los modelos de la C. N. de Caminos de H. para losas de 1 a 7m de claro y modelo de estribos para claros de 1 a 4m y alturas hasta de 2m, CS161-34.1

PRESUPUESTO:

Clase de trabajo	Unidades	Costo Unit.	Costo Parcial
Reconocimiento de la cuenca y determinación de su área y trazado de la alcantarilla	12 Hs	0.83	10.00
Excavaciones para cimientos (tierra)	10 m ³	0.48	9.00
Const. Cimientos con mampostería de 3a. y mortero cal 3:7	14.5m ³	10.30	149.50
Const. estribos con mampostería de 3a. y mortero de cal 3:7	16 m ³	12.15	219.10
Const. moldes	29.5m ²	4.60	135.30
Costo varillas	492 Kg	0.225	110.50
Costo alambre	4 Kg	0.60	2.40
Colocación varillas			3.00
Concreto 1:2:4 de losa y guarniciones	3.3m ³	34.40	284.90
Acabado y quitado de moldes			4.00
			<u>933.00</u>
6% de gastos de campamento			55.98
		Costo Total....	<u>988.98</u>
		Costo del m ² de sección hidráulica:	<u>988.98:0.80=1236.22\$</u>

Notas.-La revoltura del concreto se hizo a mano, sin maquinaria. Como a 50m de la obra había un manantial de agua, de modo que el costo de transporte de la misma fue insignificante.

ALCANTARILLA DE BÓVEDA DE MAESTRÍA

Claro = 1.50m

Altura = 1.75m

Sección hidráulica: $a = 0.16 \times 0.60 \times 50^{3/4} = 2.05$, más $10\% = 2.26m^2$ Cuenca de alimentación: 50 Hs en lomerío en donde $c = 0.60$

Tipo: Bóveda de mampostería de medio punto, modelo c3231-14.2

PRESUPUESTO

CLASE DE TRABAJO	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
Reconocimiento de la cuenca, determinación de su área y trazado de la alcantarilla	50 Hs	0.50	25.00
Desviación			21.00
Excavación para cimientos, tierra	42 m ³	0.50	21.00
Const. cimientos con mampostería de 3a. y mortero de cal 2:7	24 m ³	10.25	246.00
Const. estribos de mampostería de 3a. y mortero de cal 2:5	38 m ³	11.40	434.10
Const. cimbra	35 m ²	3.96	138.80
Const. bóveda con mampostería de 2a. y mortero de cal 2:5	16.5m ³	17.65	290.85
Quitado de cimbras			7.00
6% de gastos de campamento			1134.35
			71.06
			1255.41
COSTO TOTAL....			1255.41

Costo del m³ de sección hidráulica: $1255.41:2.62 = 479.16\$$

Nota.--Desde que se hizo el reconocimiento de la cuenca de alimentación del arroyo hasta dar paso a los vehículos por sobre la alcantarilla sólo se necesitaron 20 días; mientras que, si se hubiera hecho de concreto, se habría alargado el lapso a cuando menos 35 días.

ALCANTARILLA DE LOSA DE CONCRETO REFORZADO

Claro = 1.50m

Altura = 1.84m

Sección hidráulica: $a = 0.135 \times 50^{3/4} = 2.60$, más 10% = $2.86m^2$
 Cuenca de alimentación: 50 Hs en lomeríos en donde $c = 0.75$
 Tipo: losa de concreto armado sobre estribos de mampostería según modelos de la C. N. de Caminos de México de losas de concreto reforzado para claros de 1 a 7m y estribos de mampostería para claros de 1 a 4m y alturas hasta de 2m, CS161-34.1

PRESUPUESTO

CLASE DE TRABAJO	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
		\$	\$
Reconocimiento y determinación de la cuenca de alimentación (área) y trazado de la alcantarilla	50 Hs	0.50	25.00
Desviación			50.70
Excavación cimientos (tierra)	36 m ³	0.51	18.00
Const. cimientos con mampostería de Sa. y mortero de cal 2:7	22 m ³	10.52	232.20
Const. muros de mampostería de Sa. y mortero de cal 2:5	41 m ³	11.82	484.90
Const. formas	23 m ²	5.57	128.00
Costo Varillas	401.4Kg	0.225	63.90
Coloc. "			3.00
Const. losa de concreto 1:2:4	5.7 m ³	36.15	206.40
6% de gastos de campamento			1216.50
			72.90
		SUMA TOTAL....	1289.49

Costo del m³ de sección hidráulica: 1289.49 : 2.76 = 467.21\$

Nota.-La revoltura del concreto se hizo a mano.

67.

ALCANTARILLA DE LOSA DE CONCRETO ARMADO.

Claro = 2.00m

Altura = 1.29m

Sección hidráulica: $a = 0.135 \times 50^{3/4} = 2.60$, más $10\% = 2.86m^2$

Cuenca de alimentación: 50 Hs en lomeríos donde $c = 0.75$

Tipo: losa de concreto armado sobre estribos de mampostería según los modelos de la C.N. de C. de H. de losas de concreto reforzado para claros de 1 a 7m y estribos del modelo C3161-34.1

PRESUPUESTO

CLASE DE TRABAJO	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
Reconocimiento de la cuenca, determinación de su área y trazado de la alcantarilla	50 Hs	0.60	30.00
Desviación			9.00
Excavación, tierra	26 m ³	0.43	11.28
Reexcavación			6.75
Const. cimientos con mampostería de 3a. y mortero de cal 2:7	15.5m ³	10.90	168.90
Const. estribos con mampostería de 3a. y mortero de cal 2:5	26.5m ³	12.80	338.55
Moldes de la losa	31 m ²	5.01	155.40
Colado losa con concreto 1:2:4	6.3m ³	34.60	235.85
Acabado			15.95
Costo varillas	368.7Kg	0.225	81.80
Costo alambre	6 Kg	0.60	3.60
Coloc. varillas			3.75
			1066.58
6% de gastos de campamento			63.99
			COSTO TOTAL.... 1130.57

Costo del m³ de sección hidráulica: $1130.57 : 2.58 = 438.20\$$
 Nota.-Hubo necesidad de reexcavar las cepas hechas para la alimentación porque a los dos días de haber sido primeramente excavadas llovió abundantemente azolvándose en gran parte.

Puente de Losa de Concreto Armado.

Claro = 5m

Altura = 1.70m

Sección hidráulica: $a = 0.135 \times 200^{3/4} = 7.3$, más 10% = $8.3m^2$ Cuenca de alimentación: 200 Hs en leceríos en donde $c = 0.75$

Tipo: losa de concreto armado sobre estribos de mampostería según los modelos de la C. N. de C. de H. de losas de concreto reforzado para claros de 1 a 7m y estribos de modelo, para claro de 4.5 a 5m, C 3161-84.2

Como el puente se construyó con un esviajamiento de 30° la sección hidráulica paralela al eje del camino es: $8.3 \times \sec 30^\circ = 9.8m^2$

PRESUPUESTO

CLASE DE TRABAJO	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
Reconocimiento y determinación de área de cuenca	200 Hs	\$ 0.15	\$ 30.00
Excavaciones de cimientos, tierra	25 m ³	0.42	10.50
Desviación			61.60
Const. cimientos con mampostería de 3a. y mortero de cal 2 : 7	13.5m ³	11.00	148.50
Const. muros con mampostería de 3a. y mortero de cal 2 : 5	34 m ³	12.05	410.10
Const. formas			143.20
Costo alambre	15 Kg	0.60	9.00
Costo varillas	1472 Kg	0.225	331.40
Coloc. "			16.00
Colado concreto 1:2:4 de losa y pasamanos	21.5m ³	34.80	749.65
Fino y acabado	36 m ²	2.60	94.00
			<u>2003.95</u>
			6% de gastos de campanento <u>120.23</u>
			Costo total.... <u>2124.18</u>
			Costo del m ² de sección hidráulica: 2124.18 : 8.8 = <u>241.38\$</u>

Nota.-La mayor parte de la madera utilizada en la construcción de las formas fué madera ya usada en la construcción de otro puente, sólo se compraron tablonces de 1" x 6".

69.

Puente de Losa de Concreto Armado sobre Viguetas I de Acero
 Claro = 8m
 Altura = 4.31m

Sección hidráulica: $a = 0.135 \times 1900^{3/4} = 29$, más 10% = $32m^2$
 Cuenca de alimentación: 1300 lts en Lomeros en donde $c = 0.75$
 Tipo: losa de concreto armado sobre viguetas I de acero de 15"
 tipo liviano (A 3111-54.1); estribos de mampostería (C 3161-34.14)
 Área de la sección recta del puente paralela al eje del camino:
 $32 \times \sec 12^\circ 39' = 33 m^2$

PRESUPUESTO		
CLASE DE TRABAJO UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
Reconocimiento de la cuenca, determinación de su área y trazado del puente	1300Hs	40.00
Desviación		61.60
Excavación en tierra y grava	195m ³	126.00
Cimientos de mampostería de 3a. y mortero de cal 2:7	73m ³	795.30
Estribos de mampostería de 3a. y mortero de cal 2 : 5	231m ³	2625.60
Costo viguetas	5500Kg	1127.50
Costo rieles 60Lb.	412Kg	84.50
Costo varillas	1335.5Kg	302.05
Costo tubos de 1"	31.5m	18.90
Costo alambre	15Kg	9.00
Const. formas		174.40
Colado concreto 1:2:4 de losa y coloc. fierro	16.2m ³	642.05
Fino y acabado	54m ²	137.20
		6262.25
6% de gastos de campamento		372.16
Costo total...		6574.38
Costo del m ² de sección hidráulica:	6574.38 : 33 =	199.22\$

Nota.- Absolutamente ninguna materia nueva se compró para hacer los moldes; toda se trajo de puentes antes construidos.

Puente de losas de concreto armado sobre pilas y estribos de mampostería.

3 claros de 4m
alturas=2.24m

Sección hidráulica: $a = 0.18 \times 0.50 \times 1800^{3/4} = 25$, más $10\% = 27.5m^2$
Cuenca de alimentación: 1800ms en terreno ondulado, $c = 0.50$
Tipo: 3 losas de concreto reforzado de 4m de claro cada una y apoyadas en dos pilas centrales y dos estribos en los extremos; modelos 63171-491 y 63161-34.4 y modelos de losas de concreto reforzado para claros de 1 a 7m.

PRESUPUESTO

CLASE DE TRABAJO	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
Reconocimiento y determinación del área de la cuenca, trazado del Pnte.	1800ms	0.022	40.00
Desviación			5.25
Excavación, tierra	47m ³	0.56	26.25
Cimientos de mampostería de 3a. y mortero de cal 2:7	36.5m ³	10.90	399.20
Estribos de mampostería de 3a. y mortero de cal 2 : 5	33.5m ³	12.64	1065.50
Formas para coronas de pilas	8.4m ²	5.17	43.60
Colado concreto 1:3:6 de coronas	2.4m ³	35.15	84.25
Costo y coloc. moldes la losa y pasamanos	144 m ²	4.90	289.80
Coloc. moldes de otras losas y pasamanos	114 m ²	0.97	109.80
Costo varillas	3061 Kg	0.225	690.35
Costo alambre	26 Kg	0.60	15.60
Coloc. varillas			68.00
Concreto 1:2:4 de losa y pasamanos	33.5m ³	34.50	1425.55
Fino y acabado	36.5m ³	2.61	222.40
			<u>4535.55</u>
6% de gastos de campamento			272.13
			<u>4807.68</u>
Costo del m ³ de sección hidráulica:			4807.68 : 27.5 = <u>174.82\$</u>

Notas.-Sólo se usó madera nueva para el primer claro.-El mismo molde que se construyó para el pasamanos del primer claro sirvió para los demás, colocándolos cada 5 días.

71.

Puente de losas de concreto armado sobre viguetas I de acero.

Claro = 17m

Altura = 4m

Sección hidráulica: $a = 0.18 \times 0.75 \times 1500^{3/4} = 34m^2$; pero como el puente se hizo esviado 25° , el área de la sección de la alcantarilla paralela al eje del puente es: $34 \sec 25^\circ = 36m^2$

Cuenca de alimentación: 1500 Hs en Lomeríos donde $c = 0.75$

Tipo: una losa intermedia de 7m de claro y dos laterales de 5m; dos pilas centrales y dos estribos en los extremos, pilas y estribos de mampostería; losas sobre viguetas I de acero AS111-54.1

PRESUPUESTO

CLASE DE TRABAJO	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
Reconocimiento y determinación del área de la cuenca	1560hs	0.013	20.00
Trazo de pilas y estribos			30.00
Desviación y const. puente provisional de madera de 3x6m			39.80
Excavaciones de estribos, tierra	73m ³	0.51	36.75
Excavaciones para pilas (tierra), extracción agua y const. presa	135m ³	1.78	240.00
Const. cimientos de estribos con mampostería de 3a. y mortero de cal 2:7	41m ³	10.82	445.40
Const. muros de estribos con mampostería de 3a. y mortero de cal 2:5	49m ³	12.11	594.65
Const. cimientos de pilas, mampostería de 3a. y mortero de cal 2:7	32m ³	14.80	474.00
Const. pilas con mampostería de 3a. y mortero cal 2:5	48m ³	12.65	604.85
Const. formas coronas de pilas	13m ²	4.52	58.90
			<u>2943.85</u>

sigue a la vuelta.

PRESUPUESTO

CLASE DE TRABAJO	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL
	De la vuelta.....	¢	2943.85
Const. Formas de losas	143m ²	5.20	762.40
Const. Formas de pasamanos	53m ²	7.40	391.60
Costo rieles 60lb.	444Kg	0.205	91.50
Costo viguetas de 15"	4868Kg	0.205	1000.00
Costo varillas corrugadas	3910Kg	0.225	873.00
Costo varillas lisas	49Kg	0.225	10.95
Costo tubo 1"	21.7m	0.50	10.85
Costo alambre	25Kg	0.60	15.00
Colocación de rieles, viguetas y varillas			119.00
Colado coronas concreto 1:3:6	4.8m ³	34.30	164.70
Colado de losas concreto 1:2:4	44.8m ³	34.15	1542.10
Colado superficie rodamiento	120 m ²	2.08	249.45
Colado pasamanos concreto 1:2:4	46m	5.25	241.45
			3016.75
6% de gastos de camamento			431.00
			3497.75

Costo del m² de sección hidráulica:

$$3497.75 : 38 = \underline{92.046}$$

COSTOS UNITARIOS MEDIOS DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION DE
ALCANTARILLAS Y PUENTES.

ELEMENTO DE CONSTRUCCION	UNIDADES	COSTO UNITARIO (incluye costo de ma- teriales y obra de - mano) \$
Excavación en tierra para la ci- mentación	m ³	0.51
Cimientos de mampostería de 33. con mortero de cal 2 : 7	m ³	10.70
Estribos y pilas de mampostería de 3a. con mortero de cal 2 : 5	m ³	12.10
Formas de madera para el colado del concreto	m ²	5.16
Mampostería para la bóveda, en alcantarillas de bóveda, con - mortero de cal 2 : 5	m ³	18.37
Concreto 1:2:4 simple	m ³	34.43
Concreto 1:2:4 reforzado (para losas de menos de 4m de claro)	m ³	49.19
Concreto 1:2:4 reforzado (para losas de más de 4m de claro)	m ³	57.49
Fino y acabado de alcantarillas y puentes	m	2.00
Superficie de redamante	m ²	2.08

BOVEDAS DE MAMPOSTERIA

LOSAS DE CONCRETO REFORZADO SOBRE
PILAS Y ESTRIBOS DE MAMPOSTERIA.

Claro	Costo por m ² de Sec. hidráulica	Costo por m lineal	Claro	Costo por m ² de Sec. hidráulica	Costo por m lineal
m	\$	\$	m	\$	\$
1.00m	705.69	599.84	1.00	1236.23	938.98
1.50	479.16	830.93	1.50	467.21	859.66
<hr/>			2.00	433.30	565.28
El costo medio para alcan- tarillas de bóveda de mam- postería para claros de 1			5.00	241.30	425.63
a. 1.50m es de 592.42 por			8.00	199.22	821.79 con Is.
m ² de Sec. hidráulica y -			12.00	174.22	400.64
715.38 por m lineal de claro.			17.00	223.62	499.80 con Is.

El costo medio para alcantarillas y puentes de losa de concreto reforzado para claros de 1.50 a 17m es de 249.12\$ por m² de sección hidráulica y 595.51 por m lineal de claro.

Mayo de 1929. A. López Esquivel