

- Afectación a la flora y la fauna
- Modificación del paisaje
- Nivel de aguas subterráneas (si existe)
- Contaminación a poblaciones cercanas (si existen)

V.- OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE

Una vía de comunicación no solo exige una adecuada planeación económica y la selección más conveniente de la ruta y materiales de construcción a emplear, sino también el diseño de las estructuras de drenaje que sean capaces de desalojar, en todo momento y en forma eficiente, los volúmenes de escurrimiento aportados por las lluvias en cualquier tramo de la carretera en proyecto. La importancia de un adecuado sistema de drenaje es todavía más relevante si se piensa que del costo total de una carretera, un porcentaje considerable se gasta en el pago de estas estructuras y que deben justificar la inversión protegiendo la vía de comunicación de los ataques del agua. La razón principal de la construcción de las obras complementarias de drenaje, es la de proteger los cortes y terraplenes, controlar la erosión en suelos y prevenir los problemas de estabilidad en suelos y rocas.

Se entenderán como obras complementarias de drenaje a las siguientes: El bombeo, las guarniciones, los bordillos, los lavaderos, las bajadas, las bermas, el uso apropiado de vegetación, los bordos, las cunetas, las contracunetas y los canales interceptores.

Estas obras de drenaje, por sus características y número han de ser recomendadas, mas bien según la experiencia de especialistas, que con base en estudios minuciosos y detallados, ya que no existen hasta el momento una metodología específica y digna de confianza.

En este tipo de obras complementarias de drenaje se exceptúan las alcantarillas, ya que para ellas si se ha desarrollado una metodología propia, tanto para definir su ubicación, relacionada con cauces y escurrimientos existentes como para su cálculo hidráulico.

Por lo menos en México es rutinario que el Estudio Geotécnico se extienda hasta cubrir las recomendaciones en torno a donde construir las diferentes obras complementarias de drenaje. A esta información se refiere la tabla que aparece en la fig. 28, que servirá para detallar donde construir cunetas, contracunetas, bordillos, lavaderos, etc. A continuación se dará una breve descripción de las obras complementarias de drenaje:

El Bombeo.- Se denomina bombeo a la pendiente transversal del pavimento que se da en las carreteras y en las aeropistas para permitir que el agua pluvial escurra hacia sus dos hombros. En los caminos normales de dos carriles de circulación y en secciones en tangentes es común que el bombeo se disponga con un 2% de pendiente desde el eje del camino hasta el hombro correspondiente; en las secciones en curva, el bombeo se superpone con la sobreelevación necesaria, de manera que según se entra a la curva, esta última domina rápidamente de manera que la pendiente transversal ocurre sin discontinuidades, desde el hombro más elevado al más bajo. En las carreteras con pavimento rígido el bombeo puede ser un poco menor, por ejemplo del orden de 1.5%.

En las aeropistas se dispone también el bombeo desde el eje hacia los hombros, con pendiente de 1.5% generalmente.

En las carreteras de más de dos carriles de circulación pueden presentarse dos casos típicos. O se tiene un camellón central relativamente estrecho o se tiene uno muy amplio, generalmente

sembrado de pasto. En el primer caso, es común que el bombeo tenga lugar del camellón hacia ambos hombros, pero en el segundo es común que se disponga en bombeo mixto, en dos vertientes, con pendientes desde el eje de cada cuerpo hacia el hombro respectivo y hacia la sección central de la vía, en la cual suele existir un elemento de canalización.

Es común que en las curvas se produzca una zona de almacenamiento de agua en la parte del acotamiento que colinda con la carpeta en el hombro más alto, cuando, como sucede a veces, dicha carpeta tiene un nivel más alto que el acotamiento. Para evitar esta zona de almacenamiento de agua e infiltración es recomendable terminar la orilla de la carpeta en bisel (fig. 29).

Cuando se construyen terraplenes sobre suelos blandos, el bombeo tiende a perderse con el tiempo, porque se produce mayor asentamiento en el centro de la sección que en sus hombros, el cálculo de asentamientos permite conocer esa diferencia en el valor de dicho asentamiento, a fin de hacer una previsión en el proyecto, exagerando el bombeo inicial, para evitar o, por lo menos, reducir el problema que tiene su importancia práctica, pues no debe olvidarse que las eventuales renivelaciones futuras habrían de hacerse con materiales de carpeta, que es el más costoso. En caminos revestidos conviene que el bombeo no baje del 3%.

Las Guarniciones.- En zonas urbanas, se construyen en las orillas de las banquetas, para contener a las mismas y evitar que deslicen sobre la superficie de rodamiento, a la vez tienen la función de proteger a las banquetas contra la acción del tránsito.

En las carreteras, las guarniciones se construyen con los mismos objetivos en las banquetas de los puentes, de las casetas de cobro

BOMBEO CARPETA EN BISEL

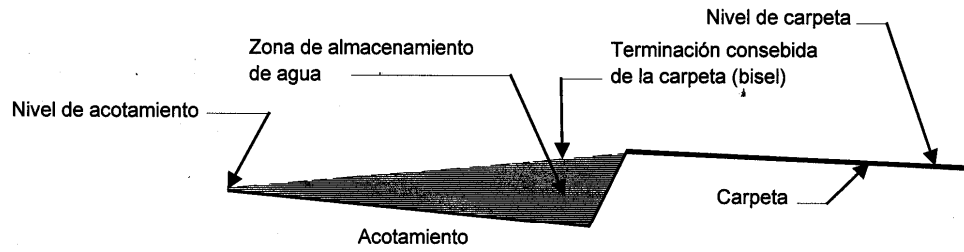


fig. 29

de pasaje y de pasos a desnivel y en algunos tipos de los camellones que separan los carriles de circulación de las autopistas o que se construyen en entronques.

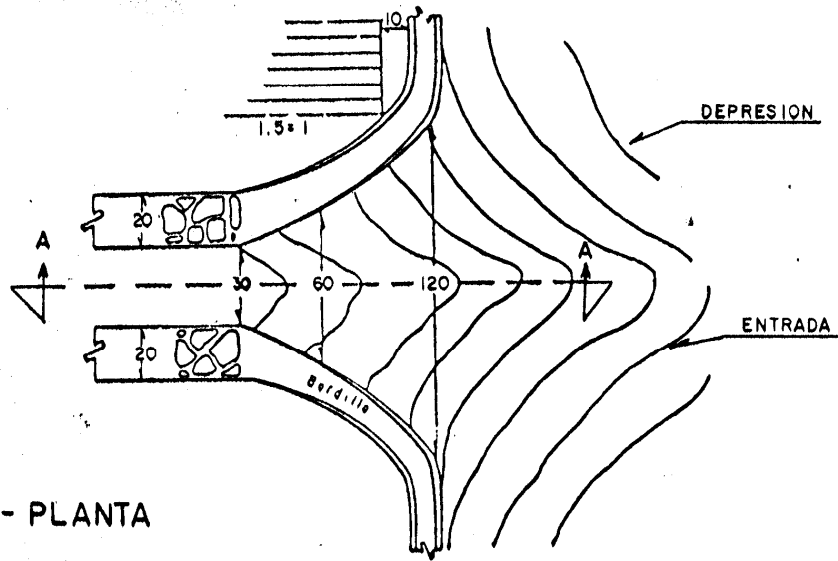
Las guarniciones tienen relación con el drenaje, aunque ese no sea su objetivo principal, pues canalizan el agua que escurre en la superficie de rodamiento, guiándola hacia salidas especialmente dispuestas.

Los Bordillos.- Son estructuras que se colocan en el lado exterior del acotamiento en las secciones en tangente, en el borde opuesto al corte en las secciones en balcón o en la parte interior de las secciones de terraplén en curva. Son pequeños bordes que forman una barrera para conducir el agua hacia los lavaderos y las bajadas, evitando erosiones en los taludes y saturación de éstos por el agua que cae sobre la corona del camino.

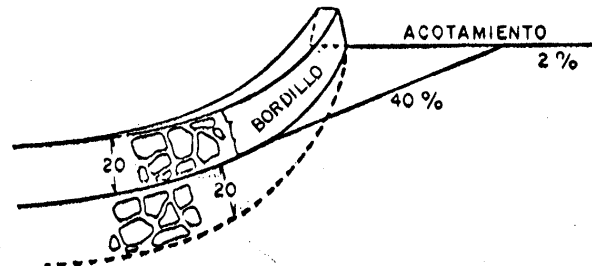
Los Lavaderos.- Son canales que se conectan con los bordillos y bajan transversalmente por los taludes, con la misión de conducir el agua de lluvia que escurre por los acotamientos hasta lugares alejados de los terraplenes. En general son estructuras con muy fuerte pendiente y en esta circunstancia radica la mayoría de los peligros que lo aquejan.

Los lavaderos se disponen sobre los terraplenes, sobre los lados en terraplén de cortes en balcón (generalmente a la entrada y a la salida) o en los lados interiores de curvas, cuando corresponden a secciones también en terraplén. En tangentes suelen disponerse a cada 60 ó 100 m. pero pudiendo variar esta separación en función de la pendiente longitudinal de la vía terrestre y del régimen de precipitación pluvial en la zona. La fig. 30 muestra la planta típica de un lavadero construido con mampostería, un corte según su eje longitudinal y una perspectiva de su disposición en una carretera.

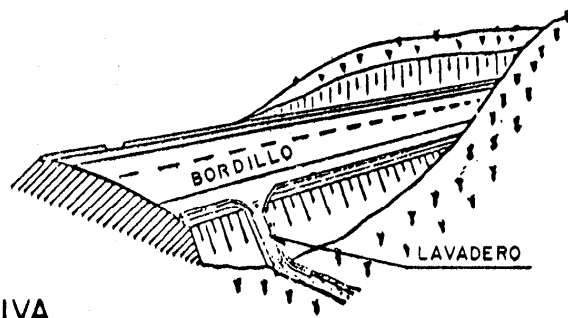
PLANTA TIPICA DE UN LAVADERO



a.- PLANTA



b.- CORTE A-A



c.- PERSPECTIVA

fig. 30

Las Bajadas.- Se denomina así a las estructuras que tienen una función análoga a los lavaderos, pero construidas por un tubo apoyado en la superficie inclinada del terreno o enterrado en él. En rigor la distinción respecto a los lavaderos es un tanto de simple nomenclatura y muchos ingenieros consideran a las bajadas como lavaderos entubados.

La vegetación.- Una de las más efectivas protecciones de los taludes de un corte o un terraplén o del terreno natural contra la acción erosiva del agua superficial es la plantación de especies vegetales; éstas retardan el escurrimiento, disminuyendo mucho la energía del agua y contribuyen a fomentar una condición de equilibrio en los suelos en cuanto a contenido de agua.

Siempre que la vegetación exista, el ingeniero deberá respetarla. La desforestación, el deshierbe o el desenraice excesivos en la zona del derecho de vía o en la zona de influencia de una vía terrestre deben verse como una de las prácticas en las que incurre un Ingeniero constructor.

En los taludes son especialmente útiles especies trepadoras o pastos tupidos, en tanto que para las barreras protectoras en el terreno natural suelen dar mejores resultados los arbustos.

Las Bermas.- Las bermas o escalonamientos su principal finalidad es darle estabilidad a los terraplenes sueltos para evitar que se ensanchen, pero además se pueden utilizar para controlar las aguas broncas, conducir las y eliminarlas.

Las bermas construidas en los terraplenes con fines de drenaje suelen tener una relación peralte: huella en el orden de 1:1 a 1:1.5 y son de dimensiones pequeñas, cuando las bermas se

construyen sobre el terreno natural para el control de las aguas que bajan, la relación peralte: huella pueden aumentar a 1:2 ó 1:3.

El efecto de la berma o del escalonamiento es disminuir la fuerza erosiva del agua que escurre superficialmente por los taludes de un terraplén o un corte o por el terreno natural. Estos elementos pueden encauzar más convenientemente el agua colectada si se les da una pendiente apropiada hacia lavaderos, bajadas o estructuras análogas; ésta agua erosionaría de otra manera los taludes causando arrastres que provocarían problemas en las cunetas o se infiltraría en el propio talud con malos efectos sobre su estabilidad general.

Los problemas de infiltración pudieran ser graves sobre todo en el caso de escalonamientos en cortes con materiales susceptibles, pues es frecuente que en la dirección o su desarrollo longitudinal presenten largos trechos con poca pendiente. En estos casos, los escalonamientos deberán protegerse o no hacerse, la protección puede ir desde dar al escalón una ligera pendiente hacia el interior del corte, poniendo en este borde interior una cuneta con pendiente suficiente para eliminar rápidamente el agua recolectada, hasta una completa impermeabilización de las huellas, incluyendo la cuneta mencionada. Esta última se ha hecho con suelo-cemento, suelo - asfalto o aún con concreto hidráulico.

Los materiales más susceptibles a la infiltración de agua en escalones son las rocas junteadas o agrietadas, sobre todo si su echado es desfavorable a la vía y los suelos residuales que contengan estructuras heredadas en formaciones desfavorables; también hay suelos que por su constitución son muy susceptibles, tales como los loes o muchos suelos limosos. Son tan malas las consecuencias de la infiltración de agua en los escalonamientos

formados en materiales susceptibles, que en todos los casos de duda en que no sea posibles emplear una impermeabilización de completa garantía, será preferible no hacerlos.

En ocasiones se aprovechan estos escalones para plantar pequeños arbustos que una vez desarrollados protegen muy efectivamente la superficie del talud contra la erosión.

Cunetas.- Son canales que se adosan a ambos lados de la corona de la vía terrestre, en el lado del corte en secciones de tal naturaleza; en cortes en balcón hay entonces cuneta en un solo lado y en cortes en cajón, en los dos. Estas son hechas con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino (o todo el camino en las curvas), el agua que escurre por los cortes y en ocasiones las que escurre de pequeñas áreas adyacentes.

Debido a que el área a drenar por las cunetas es relativamente pequeña, generalmente se proyectan éstas para que den capacidad a fuertes aguaceros de 10 a 20 minutos de duración. Se puede decir que se considera suficientemente seguro proyectar cada cuneta para que tomen el 80% de la precipitación pluvial que cae en la mitad del ancho total del derecho de vía. Las dimensiones, la pendiente y otras características, se determinan mediante el flujo que va a escurrir por las mismas.

La pendiente longitudinal mínima que debe existir en una cuneta es de 0.5%. La velocidad con que el agua circule sobre ella debe quedar comprendida entre los límites de depósito y erosión, ambos indeseables.

Las cunetas generalmente se construyen de sección trapezoidal o triangular, siendo en la práctica mexicana la triangular la más frecuente.

La sección rectangular ha sido abandonada por razones de ingenieros de tránsito, debido al efecto canalizador que produce la sensación de peligro que siente quien transita cerca de ella, al igual que la sección trapezoidal, por lo que la sección triangular es la más usual ya que es la más conveniente y fácil de construir, además de que su conservación es la más sencilla. En vías férreas, algunas de las virtudes anteriores de la cuneta triangular desaparecen, por lo que es más frecuente el uso de las otras dos secciones, aunque también es frecuente usar la sección triangular.

Cuando las cunetas se revisten, usualmente se hace con mampostería o concreto hidráulico. En el primer caso suele utilizarse mortero con proporción 1:4 y en el segundo pueden utilizarse losas coladas en el sitio o precolados. Una de las ventajas que tienen el concreto sobre la mampostería es que son más eficientes hidráulicamente debido a su menor rugosidad.

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

Contracunetas.- Son zanjas que se hacen en lugares convenientes con el fin de evitar que llegue a las cunetas más agua que aquellas para la cual están proyectadas. Como se indicó con anterioridad, en virtudes de que las cunetas sólo pueden llevar el agua que escurre por el bombeo del camino, los taludes de los cortes, y de pequeñas áreas adyacentes, con el fin de recoger y encauzar el agua que proviene de zonas más alejadas y que se dirigen al camino, es necesario construir zanjas llamadas contracunetas que se colocan transversalmente a la pendiente del