

El concreto permeable y su aplicación al drenaje vial

Introducción

Los proyectos viales en áreas de topografía accidentada demandan la ejecución de excavaciones que desestabilizan los taludes naturales con la finalidad de alcanzar el ancho de plataforma establecido en el manual de Diseño geométrico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La consecuencia directa de estas alteraciones, a pesar de los intentos de estabilización, producen deslizamientos o derrumbes por periodos que pueden durar muchos años. Los sectores afectados por estos deslizamientos o derrumbes los denominamos sectores críticos.

El objetivo de este artículo es brindar una alternativa de solución para esta práctica común de los ingenieros viales en relación con la problemática descrita, mediante el desarrollo de una nueva concepción sobre drenaje vial: una disminución del ancho de plataforma sin afectar las necesidades establecidas por el diseño geométrico. Este y otros aportes que puedan sugerirse disminuirán la intervención de los taludes superiores, los costos de inversión y mantenimiento de una carretera.

En la actualidad ha adquirido vigencia el denominado concreto permeable, que tiene como antecedente el conocido concreto poroso, que tiene como virtud principal el adecuado manejo del agua de lluvia. Este concreto se usa principalmente en aplicaciones viales, pavimentos, bermas, áreas de estacionamiento, etc.

El concreto permeable optimiza las bermas por su propia naturaleza y capacidad de almacenamiento. Actitud que se potencializa en el drenaje vial permitiendo la reducción de su perfil.

De acuerdo con el ACI-522R, el concreto permeable es un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivos y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm lo que permite el paso de agua. El contenido de vacíos puede variar de un 18 a un 35 por ciento, con resistencias a compresión típicas de 2.8 a 28 MPa.

Aspectos Hidrológicos

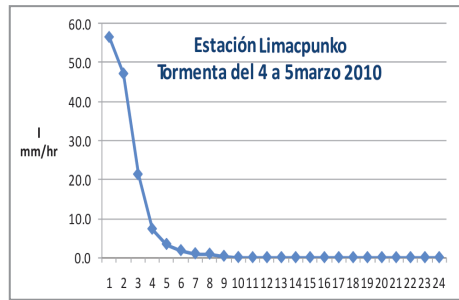
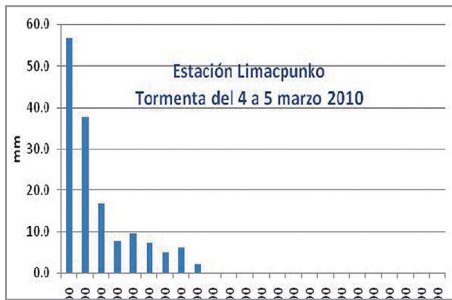
Como se sabe el agua es uno de los mayores problemas en el diseño y conservación de los caminos en razón de disminuir la resistencia de los suelos afectando los terraplenes, cortes y pavimentos. En consecuencia, el drenaje es un factor esencial para canalizar en forma adecuada las condiciones de escurrimiento.

El drenaje longitudinal y el diseño de las cunetas para interceptar el agua que escurre de la corona, del talud de corte y del terreno adyacente cumple una función importante.

Es difícil conocer las relaciones entre precipitación, velocidad de la precipitación y escurrimiento de agua por los drenes, duración del escurrimiento y caudal, etc.

La capacidad de drenaje estará en función de la precipitación sobre el área del proyecto. La falta de registros sobre precipitaciones, y en el caso que existieran, no son del todo confiables; dificulta una adecuada estimación del parámetro principal para el diseño de un drenaje vial.

El Manual de hidrología del Ministerio de Transportes facilita los lineamientos que permiten establecer la intensidad de precipitación, a partir de la precipitación máxima en 24 horas. Esta información puede ser adquirida en el Senamhi. Sin embargo, si se comparan estos resultados con los registros horarios se notará que difieren los resultados.



Solo como referencia se toma la estación Limacpunto, cuya tormenta del 4 a 5 de marzo de 2010, muestra una precipitación de 149.9 mmen 24 horas.

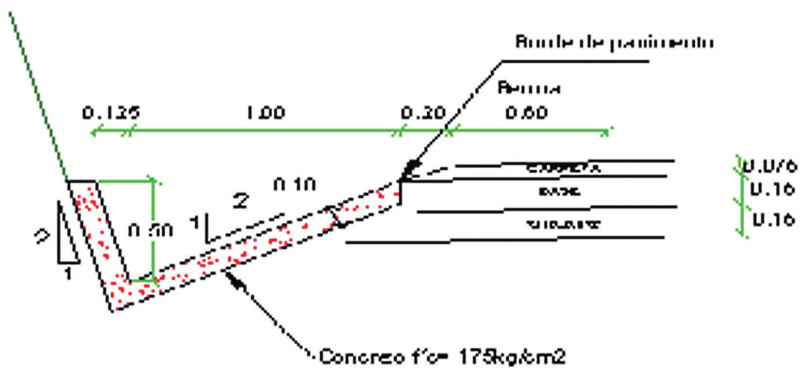
Según el gráfico precedente, la precipitación es 58 mm/hora. Según la ecuación de Dick & Peascke sugerida en el Manual del MTC es 68 mm/hora.

Prescindiendo de las diferencias entre estas estimaciones, y solo para mostrar las dificultades del ingeniero ante la falta de información básica y confiable, las dimensiones del drenaje vial deben tener una base de sustento.

Drenaje Vial

Los diseños de proyectos viales en relación con los aspectos hidráulicos asociados particularmente con el drenaje longitudinal (cunetas y subdrenes), por lo general adoptan la siguiente disposición:

Cuneta de pie de talud.- cuneta triangular revestida de concreto, calidad $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 0.10 m de espesor.

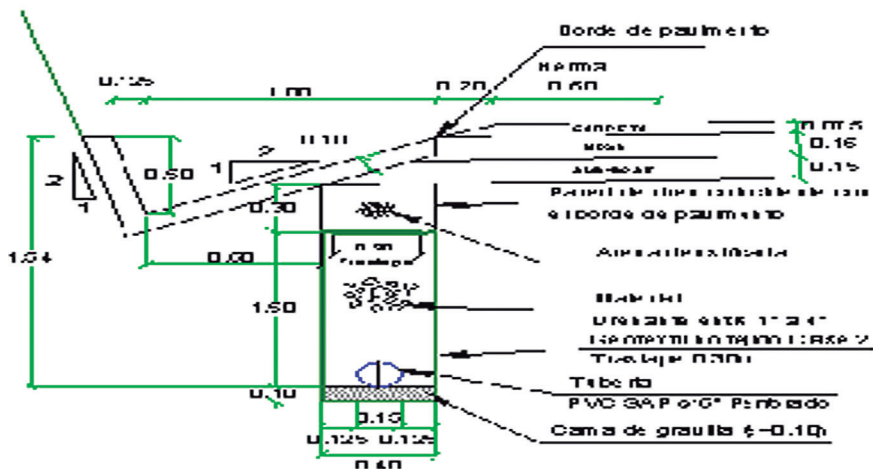


En casos excepcionales donde las condiciones no permiten la excavación del talud superior, se aceptará la eliminación de la berma y se recurrirá a la construcción de cunetas de sección rectangular con tapa.

El costo por metro lineal de cuneta triangular es de 60 dólares americanos, aproximadamente.



Subdren.- El subdren se ubica debajo de la cuneta, tiene 0.40 m de ancho y alcanza una profundidad no menor a 1.50 m. El subdren está compuesto por una tubería perforada de PVC de 0.20m de diámetro, colocada en la parte inferior de un relleno permeable empacado en un geotextil.



La ocupación del drenaje dentro de la sección transversal de la carretera es 1.25 m de ancho aproximadamente, situación que obliga, en algunos casos de secciones en corte, a la ejecución de excavaciones de volumen importante, la alteración del talud natural, la desestabilización del mismo y el inicio de derrumbes que pueden prolongarse por mucho tiempo.

El Drenaje Vial con Concreto Permeable

Consideraciones de diseño

El desempeño del concreto permeable lo hace apropiado para su utilización en el drenaje vial, debido a las buenas condiciones de permeabilidad y almacenamiento señaladas. Lo anterior determina que los ingresos de agua proveniente de las precipitaciones sobre el área atravesada por la carretera, sean transitados de forma tal que es posible disminuir las dimensiones de los drenajes viales (cunetas y subdrenes).

La aplicación de concreto permeable permite una alternativa para los diseños de drenaje actuales. La permeabilidad de este concreto varía entre 120 a 200 l/minuto/m² o 7 a 12 mm/hora/m. La capacidad de almacenamiento está en función del porcentaje de vacíos, el que varía entre el 15% y el 30%.



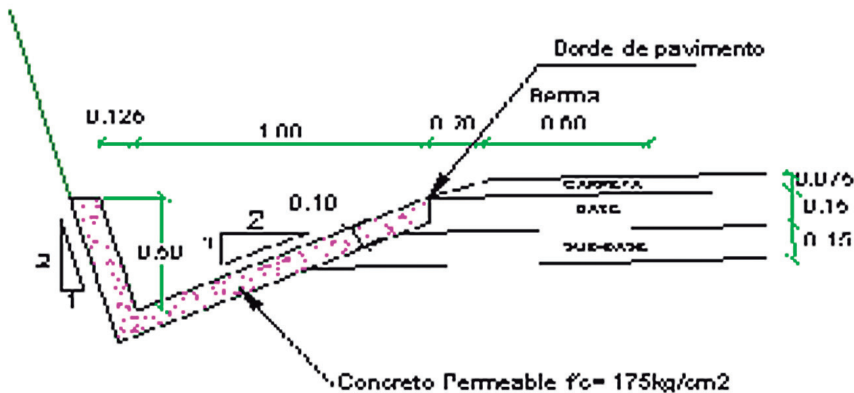
Cuneta de pie de talud

Contempla el diseño y construcción de las cunetas de pie de talud de una carretera utilizando concreto permeable en lugar de concreto hidráulico normal. Para la sección triangular generalmente utilizada, el ancho superficial se reduciría en un 26%, utilizando la capacidad de almacenamiento del concreto permeable.

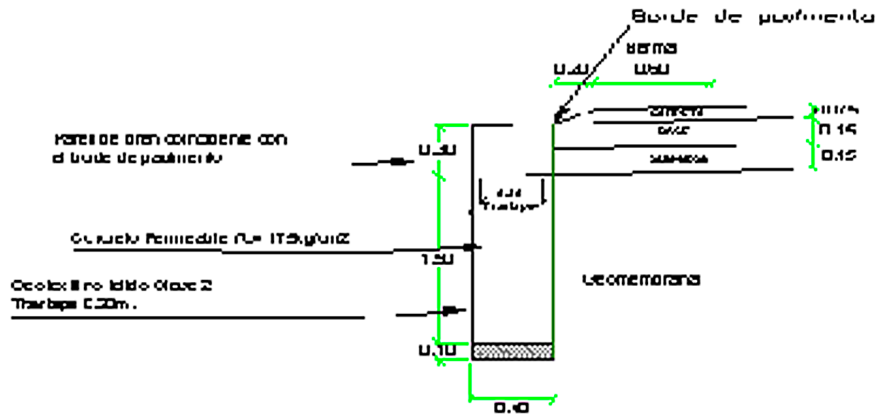
Parametro	Cuneta Triangular	
	Concreto Hidráulico	Concreto Permeable
Distancia a la salida (m)	250	250
Intensidad de Precipitación (mm/hora)	156	156
Ingreso (m ³)	11.92	11.92
Almacenamiento (m ³)	0.00	4.40
Caudal (m ³ /s)	0.199	0.13
Pendiente (%)	0.50	0.50
Tirante de Flujo (m)	0.35	0.30
Altura de cuneta (m)	0.53	0.45
Ancho Superficial (m)	0.88	0.75

Alternativamente, considerando el concreto permeabley manteniendo las dimensiones de la cuneta, se puede incrementar la distancia entre las salidas de descarga de las cunetas, con la consecuente disminución de las alcantarillas de cruce.

Parametro	Cuneta Triangular	
	Concreto Hidráulico	Concreto Permeable
Distancia a la salida (m)	500	500
Intensidad de Precipitación (mm/hora)	156	156
Ingreso (m3)	23.85	23.85
Almacenamiento (m3)	0.00	11.32
Caudal (m3/s)	0.397	0.209
Pendiente (%)	0.50	0.50
Tirante de Flujo (m)	0.45	0.36
Altura de cuneta (m)	0.68	0.54
Ancho Superficial (m)	1.13	0.89



Berma – cuneta - subdren: contempla el diseño y construcción de berma - cuneta - subdren como parte de la sección transversal de la carretera. En este caso, la aplicación de concreto permeable se daría en los tres elementos constituyentes antes señalados, lo que permitiría una reducción del ancho de la plataforma.



El costo del metro lineal de berma - cuneta – sub dren es 89.20 dólares, aproximadamente, pero es menor que los 135 dólares de la solución cuneta – sub dren. A esta diferencia se debe añadir el menor costo del volumen de excavación que se tiene al disminuir el ancho de la plataforma de la carretera.

Ventajas

La principal ventaja es la reducción de los volúmenes de excavación o corte en las carreteras, particularmente en aquellas de topografía accidentada.

La segunda ventaja, y tal vez la más importante, es disminuir el número de sectores críticos que se originan en la construcción de carreteras por la desestabilización del talud superior natural cuando se realizan las excavaciones para alcanzar el ancho de plataforma de carretera y así cumplir con las características geométricas de la misma.

Desde el punto de vista de los costos de inversión, la aplicación de concreto permeable tiene los siguientes indicadores por metro lineal aproximadamente, de acuerdo a los cálculos efectuados.

Costo de Estructuras de Drenaje Vial en US\$ en Diciembre 2010

- | | |
|--|-----------|
| • Cuneta Tipo I de Concreto Hidráulico | \$ 76.58 |
| • Cuneta Tipo I de Concreto Permeable | \$ 60.50 |
| • Cuneta Tipo I de Concreto Hidráulico + Subdren | \$ 149.70 |

- Berma – Cuneta – Subdren de Concreto Permeable \$ 89.20

Consideraciones Adicionales

La principal desventaja en la aplicación de esta alternativa de drenaje, sería la resistencia al cambio por parte de los profesionales involucrados en los proyectos viales. Generalmente, se pregunta sobre la experiencia en la aplicación de la solución propuesta cuando lo positivo es preguntarse por qué no sería posible.

En relación con la necesidad de subdrenaje en una carretera, se manifiesta o solicita la necesidad de su ejecución cuando lo apropiado es señalar por qué no es necesario.

Una desventaja relativa es el mantenimiento del conjunto berma – cuneta – subdren requerido después de cada periodo de precipitaciones, mediante una limpieza con agua a baja presión

En el caso propuesto para el propósito del conjunto berma – cuneta – subdren como parte de la sección transversal de la carretera, el Ministerio de Transportes debería proyectar tramos experimentales de prueba, con la finalidad de observar su comportamiento.

Conclusiones

El uso del concreto permeable por su capacidad de almacenamiento permite disminuir las dimensiones de las cunetas y cuando se diseña la alternativa de berma – subdren, esta permite eliminar la cuneta.

El mantenimiento en este tipo de solución asegura el buen funcionamiento del sistema de drenaje.

Se obtiene una alternativa técnica de diseño y construcción de bermas, cunetas y subdrenes utilizando como principal material de construcción el concreto permeable.

Representa una apreciable ventaja desde el punto de vista económico.