

Utilización de perfiles de aluminio ranurados para mejora de la capacidad de desagüe de los aglomerados drenantes

Por **FERNANDO GARCÍA MARTÍNEZ**
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
AGUSTÍN RIBÓQUINTAS
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
ANTONIO ÁLVAREZ DOMÍNGUEZ
Ingeniero Técnico Industrial

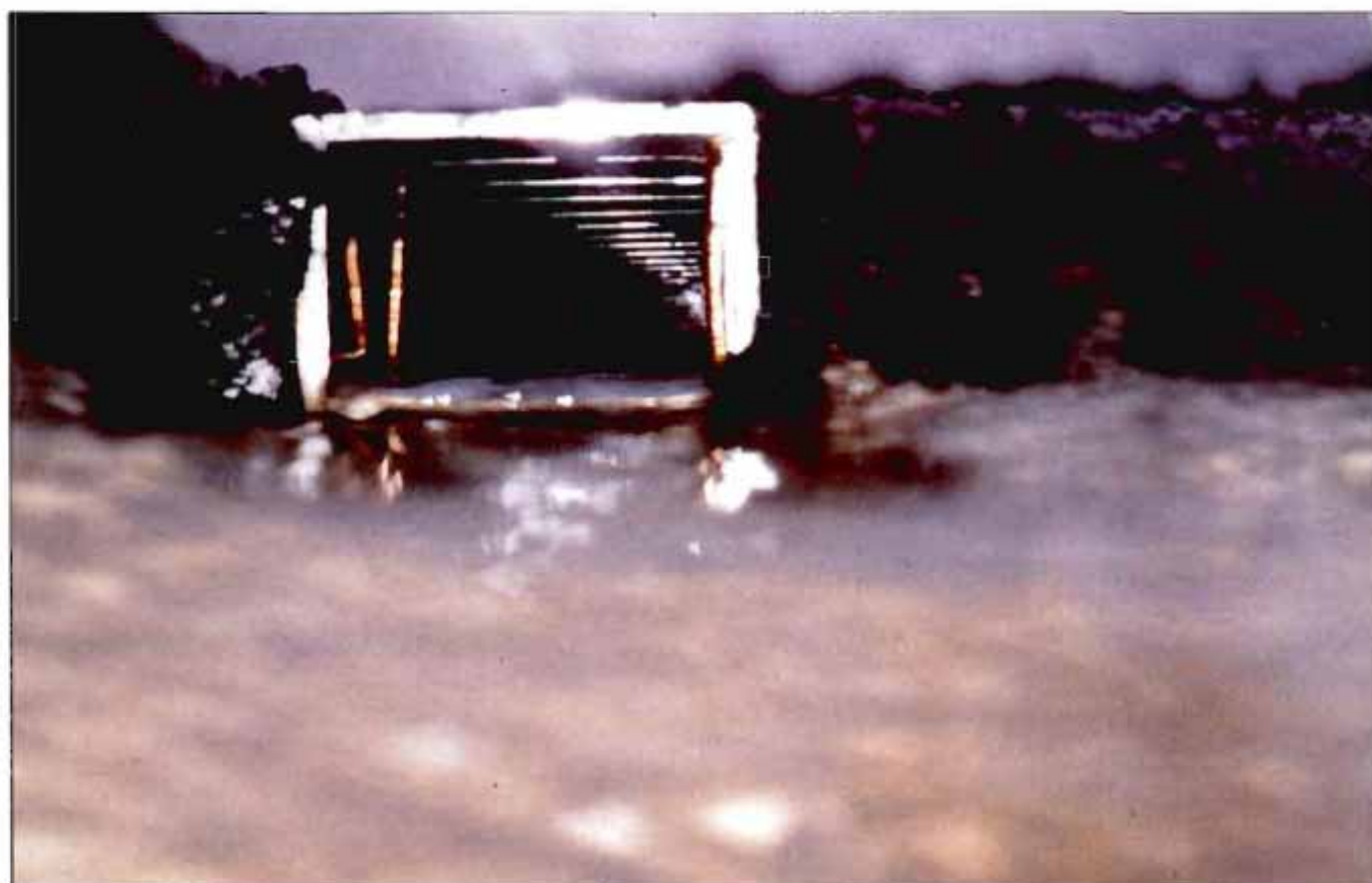


Figura 1.

1. Aglomerados drenantes. Mayor capacidad de desagüe

LAS capas de rodadura constituidas por aglomerados drenantes tienen un espesor, generalmente, de 4 cm. Esto hace que su capacidad de desagüe sea insuficiente cuando se producen aguaceros de fuerte intensidad en un breve período de tiempo, en aquellas zonas de transición de pe-

ralte en las que la pendiente transversal de la calzada llega a anularse, o en aquellas otras que tienen una pendiente fuerte o prolongada, lo que provoca, en ambos casos, que el agua ascienda a la superficie de la capa drenante, pudiendo generar fenómenos de hidropulso, cuyo peligro es mayor cuando se trata de vías de mayor velocidad de proyecto (autopistas, autovías y vías rápidas).

También este fenómeno se puede producir en aquellos enlaces en los que la capa de rodadura del carril de entrada o salida a la vía

principal es una mezcla convencional densa o semidensa, y la de la calzada del tronco, una mezcla bituminosa drenante cuya pendiente transversal hace que las aguas que discurren bajo la superficie de rodadura drenante, al alcanzar la junta de separación de ambos tipos de mezclas, emerjan a la superficie provocando una acumulación de agua sobre la misma. En general, esto sucede, de igual forma, en todas las uniones de ambos tipos de mezclas bituminosas, en que la circulación de las aguas se produce en el sentido mezcla

drenante a densa o semidensa.

Para aumentar la capacidad de evacuación del agua en dichas zonas, de los aglomerados drenantes, se han diseñado unos perfiles de aluminio de 60x40x3 mm, ranurados —las ranuras se practican cada 50 mm—, que se disponen bajo la capa de rodadura drenante y encastrados en la capa bituminosa correspondiente a la base del firme. (Fig. 1).

2. Elección de la sección del perfil

La elección de la sección del perfil de aluminio a emplear en el sistema de drenaje del firme se ha basado fundamentalmente en las limitaciones mecánicas del material.

Asumiendo que la determinación precisa de las tensiones que ha de soportar la pieza en condiciones de servicio requiere un estudio más riguroso, se ha asimilado el cálculo de los esfuerzos al de una sección del perfil tomada como marco y sometida a una carga de 9 kgf/cm, equiparable a los 9 kgf/cm² de carga superficial que transmite el neumático inflado correspondiente a un eje de 13,5 t empleado en el dimensionamiento analítico de firmes. Se han despreciado otras influencias, como las variaciones introducidas por el carácter dinámico de las cargas o la variación de presión transmitida en el espesor del firme.

Con esta disposición se obtienen los siguientes esfuerzos p_{sí}mos: ▼

donde "c" representa el espesor de la pared del perfil.

Aplicada a las dimensiones estandarizadas de algunos perfiles comerciales, se obtienen los resultados siguientes: ▼

Dimensiones (2Bx2Axe) (mm)	δ lado horizontal (N/mm ²)	δ lado vertical (N/mm ²)
70x30x2	441	402
60x40x2	365	257
40x40x2	180	99
60x40x3	162	117

Dado que las aleaciones de aluminio empleadas en la fabricación de tubos suelen garantizar límites elásticos, δ₀₂, de 170 N/mm², se ha escogido el perfil de 60x40x3 mm, que ofrece una capacidad hidráulica apreciable.

El segundo problema mecánico relacionado con los perfiles está en su fijación a la capa base de aglomerado asfáltico para evitar el levantamiento al paso de las cargas, con la consiguiente rotura de la capa de rodadura. Para evitar esto, se disponen fijaciones en los extremos del perfil que han de soportar el esfuerzo de corte producido por las variaciones de tensión longitudinal en el perfil, debidas, fundamentalmente, a efectos térmicos.

Supuesto que el aluminio tiene unas características mecánicas de:

$$E = 70\,000 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 23 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Por tanto, una sección del perfil, comprendida entre dos anclajes, estará sometida a un esfuerzo axial de valor:

$$Q = 64,4 \cdot 600 = 38\,640 \text{ N}$$

A cada anclaje le corresponden 19 320 N que pueden ser repartidos aproximadamente igual entre los dos puntos en que el anclaje atraviesa el perfil. Por tanto, cada sección ha de resistir un esfuerzo de corte de:

$$Q = 9\,660 \text{ N}$$

Al limitar la máxima tensión de corte obtenemos un mínimo para la sección del anclaje de acero:

$$\tau \leq \frac{\delta_{sc}}{\sqrt{3}} = \frac{260}{\sqrt{3}} = 150 \text{ N/mm}^2$$

Area necesaria = 64,4 mm² ≈ 9 mm de diámetro.

El anclaje escogido finalmente fue un perno cincado e inoxidable, para mejorar su resistencia al agua, tipo HILTI HST-R M 10.

Para evitar el levantamiento del perfil por defectos de apoyo, se colocan cada metro unos anclajes adicionales consistentes en tornillos con taco.

Resumiendo, los perfiles de aluminio escogidos tienen unas dimensiones de 60x40x3 mm, se encuentran ranurados en su cara superior cada 50 mm, y sus características mecánicas son las siguientes:

Resistencia a la tracción:

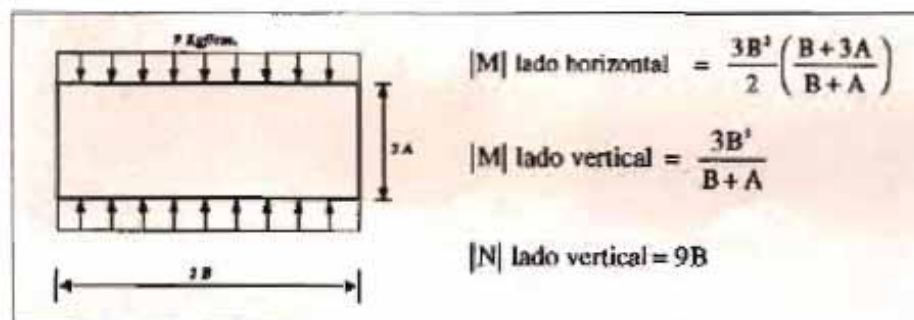
$$205 \text{ N/mm}^2$$

Límite elástico: 170 N/mm²

Dureza Brinell: 65 kg/mm²

3. Ubicación y número de perfiles

El proceso que se sigue, para



Una vez determinados los esfuerzos, las tensiones longitudinales se evalúan mediante la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{N}{E} + \frac{6M}{c^2}$$

las tensiones debidas a una variación de temperatura diaria de ΔT = 40° C se pueden estimar así:

$$\begin{aligned} \delta &= E \cdot \varepsilon = E \cdot \alpha \cdot \Delta T = \\ &= 64,4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

“**L**os perfiles de aluminio escogidos tienen unas dimensiones 60 x 40 x 3 mm, y se encuentran ranurados en su capa superior cada 50 mm.”

determinar la ubicación y el número de perfiles de aluminio que se han de disponer, consiste en estudiar y marcar aquellas zonas de transición de peralte en las que la pendiente transversal de la calzada se anula, aquellas otras que tienen una pendiente fuerte o prolongada, o aquellas uniones de mezclas bituminosas densas o semidensas y drenantes, con circulación de las aguas en el sentido mezcla drenante a densa o semidensa. (Fig. 2)

En dichas zonas se descargan cisternas de agua con objeto de determinar las secciones donde el agua se almacena y, por tanto, no se evacúa correctamente. (Fig. 3)

Una vez determinadas estas secciones, se marcan las líneas —siguiendo las de máxima pendiente— en las que se dispondrán los perfiles de aluminio ranurados, cuya finalidad es aumentar la capacidad de desagüe de dichas secciones. De acuerdo con la cantidad de agua almacenada, se determinan el número de perfiles que es necesario disponer en dicha sección.

La disposición de los perfiles será función de la pendiente transversal de la vía (peralte o bombeo).

Una vez se hayan dispuesto los perfiles en las zonas marcadas, sería conveniente volver a realizar la prueba de vertido de agua con objeto de analizar el comportamiento de la sección donde se almacena el agua, con la finalidad de determinar la validez de la solución adoptada o de si fuese necesario disponer, en dicha sección, de un mayor número de perfiles. (Fig. 4).

Las salidas de los perfiles de



Figura 2.



Figura 3.



Figura 4.



Figura 5.

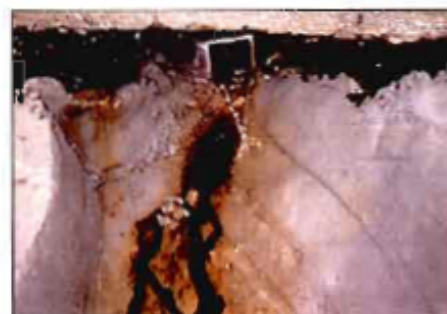


Figura 6.



Figura 7.

aluminio habrán de hacerse a cunetas de hormigón (Fig. 5) o bajantes, para evitar que las aguas

erosionen los taludes de los terraplenes existentes. En caso de que exista bordillo en el borde de la

calzada, es necesario que el perfil de aluminio pase bajo el mismo, para desaguar a la cuneta o bajante correspondiente. (Fig. 6).

4. Proceso de colocación

Una vez determinadas y marcadas las líneas que han de seguir los perfiles de aluminio ranurados en su cara superior, se inicia el proceso de colocación de los mismos.

Este proceso se inicia con el corte mediante sierra de disco de la capa intermedia del aglomerado correspondiente al paquete de firme. (Fig. 7).

Tras esta operación se abre la zanja (Fig. 8), cuyas dimensiones han de ser lo más próximas posibles a las del perfil de aluminio a situar en ella, y la pendiente de la misma ha de ser la suficiente para que permita el desagüe del perfil de manera rápida y sin que se produzcan sedimentaciones.

Para conseguir un asiento uniforme del perfil (Fig. 9), se corrigen las irregularidades producidas en la base de la zanja mediante el extendido de un mortero de nivelación de la más baja resistencia para garantizar la menor retracción posible (mortero tipo M-20, NBE FL-90). (Fig. 10).

Sobre este mortero de nivelación se coloca el perfil de aluminio ranurado (Fig. 11), lo que conviene realizar preferiblemente con el mortero fresco, para eliminar las posibles irregularidades producidas en su extendido; y para anclarlo al fondo de la zanja —operación a realizar tras el fraguado del mortero— se disponen, de acuerdo con lo enunciado en el punto 2 de este artículo, dos tipos de anclaje: en cada uno de los extremos del perfil, uno tipo HILTI HST-R M-10 y, cada metro, un tornillo con taco. (Fig. 12).

El espacio, situado entre las caras laterales del perfil y las de la zanja, ha de rellenarse de un material de sellado flexible, que pueda absorber los movimientos que se puedan producir y además garantice la estanqueidad.

Para ello se utiliza una masilla fabricada por medio de materiales bituminosos, al ser éstos termoplásticos.

El producto escogido se trata del "Juntoplast especial premoldado", que se caracteriza por fabri-



Figura 8.



Figura 9.



Figura 11.



Figura 10.



Figura 12.



Figura 14.



Figura 13.

carse a base de asfaltos, plastificantes, cargas y elastómeros y que se presenta en forma de cordones de 50 cm de longitud y diámetros de 15, 20, 25 ó 30 mm (Fig. 13).

Una vez elegido el diámetro adecuado para sellar el espacio entre el perfil y la zanja, y realizada la limpieza de sus superficies laterales, que han de encontrarse secas en el momento de aplicar el producto, se introduce el cordón a presión (Fig. 14) hasta enrasar con la cara superior de dicho perfil. (Fig. 15).

Una vez colocado el perfil, anclado a la superficie inferior y se-



Figura 15.

“Se debería evitar el paso del tráfico rodado sobre los perfiles colocados, en tanto no hayan sido impedidos los movimientos del perfil, mediante la realización de las correspondientes operaciones de anclaje y sellado de los laterales de la zanja en que se ubica el mismo.”

llados los laterales de la zanja, se procede a extender sobre él el riesgo de adherencia previo al extendido manual del aglomerado drenante, cuyo fin es enrasar con la superficie correspondiente a la capa intermedia del aglomerado. (Fig. 16).

Este aglomerado drenante así extendido se compacta mediante un rodillo ligero duplex vibrante (Fig. 17).

Inmediatamente, tras esta operación, se realiza el extendido de la capa de rodadura drenante. (Fig. 18).

Finalmente cabe reseñar que se debería evitar el paso del tráfico rodado sobre los perfiles colocados, en tanto no hayan sido impedidos los movimientos del perfil, mediante la realización de las correspondientes operaciones de anclaje y sellado de los laterales de la zanja en que se ubica el mismo.

Lo experimental del sistema, anteriormente expuesto, hace necesario realizar una labor de seguimiento, para determinar su comportamiento a lo largo del tiempo y sus posibles mejoras. ■

Fernando García Martínez. Director Adjunto de G.O.C.

Agustín Ríobó Quintas. Departamento de Obras Públicas de G.O.C.

Antonio Álvarez Domínguez. Departamento de Obras Públicas de G.O.C.



Figura 16.



Figura 17.



Figura 18.