
Mecánica de Deformación de Gaviones F355 R1: Ensayos no Destructivos de Gaviones de Malla Romboidal y Hexagonal de Tipo Caja y Saco - Parte I

Domingo A. Bravo

Tucumán, Argentina.

Resumen

En este compendio, en cuatro capítulos, revisamos la práctica tradicional de ensayos de tracción de mallas de alambre para gaviones, que consiste en hacer los ensayos con probetas de ancho natural. Sostenemos que esos ensayos no son aplicables a gaviones, porque las mallas sólo mantienen su ancho natural cuando están en reposo, sin haber trabajado. Esa práctica tradicional tiende a dirigir la atención en forma errada hacia la importancia de las cargas de rotura y a no dar importancia a las deformaciones. Tampoco explica, al no incluir ensayos de mallas angostadas o ensanchadas porqué las mallas de los gaviones que se han alargado soportan deformaciones longitudinales mucho mayores que las de esos ensayos, ni aborda sobre el aumento de resistencia de las mallas cuando se las angosta, ni sobre la disminución de resistencia cuando se las ensancha.

Palabras clave: gavión, ensayos no destructivos, malla hexagonal, malla romboidal, mecánica de deformación, ensayos de tracción de mallas de alambres.

Gabion Deformation Mechanics

F355 R1: Non-Destructive Tests of Box and Bag Type Gabions of Rhomboidal and Hexagonal Mesh - Part I

Abstract

In this summary, the traditional practice of tests of wire mesh traction for gabions through natural width test tubes is discussed. We believe such tests are not applicable to gabions since the meshes keep their natural width only when they are at rest, without having worked before. This practice tends to wrongly lead attention to the significance of breaking loads with no concern given to the deformations. Neither does it explain why meshes of the gabions that have been extended withstand much larger longitudinal deformations than those of the tests, since tests of narrowed or widened meshes are not included. The increase of the mesh resistance when meshes are narrowed and the resistance decrease when they are widened are also not dealt with by the practice under discussion. This study of the gabion deformation mechanics permits the generation of abacuses and through them to gabion non-destructive tests.

Key words: gabion, non-destructive tests, hexagonal mesh, rhomboidal mesh, deformation mechanics, tests of wire mesh traction.

Introducción

La presente colección de informes técnicos es el resultado de sucesivos estudios y observaciones, realizados a partir de nuestros primeros ensayos de tracción de mallas romboidales y hexagonales, que realizamos en el Laboratorio de Ensayos de la Universidad Nacional de Tucumán a partir del año 1989, y en los cuales advertimos que, mientras las cargas de rotura varían con el diámetro de los alambres y la abertura de la malla, las deformaciones son muy parecidas para los distintos tipos de mallas; por eso uno de nuestros informes técnicos, el **F058** (1998) lleva el título “En la deformabilidad está la clave para el análisis de la utilización de mallas de alambre para gaviones”.

En el año 2007 desarrollamos nuestro informe técnico **F346**, donde mostramos que la deformación de gaviones en servicio se produce a volumen constante, y eso causa el angostamiento de las mallas en la dirección perpendicular a la de las fuerzas de tracción, o el ensanchamiento si hay compresión (ver Capítulo 1). En el mismo año, motivados por una fuerte tormenta de verano, que produjo una serie de inundaciones en Tucumán, desarrollamos el informe técnico **F344** (ver Capítulo 2). En éste informe mostramos, explícitamente, las contracciones transversales asociadas al alargamiento longitudinal de las mallas. También integran este capítulo otros cuatro informes con observaciones de campo de otras obras. Posteriormente, elaboramos un nuevo informe, el **F355**, en el que ensayamos mallas de ancho natural, angostadas y ensanchadas (ver Capítulo 3). El **F355** permite la confección de ábacos para determinar, fácilmente, mediante mediciones directas en obra, las fuerzas obrantes en cada uno de los rombos o hexágonos de un gavión deformado. En él desarrollamos el método que muestra que, ensayos de tracción a ancho natural constante, no son aplicables a gaviones en servicio, ya que mientras que en el laboratorio las mallas de ancho natural se rompen con deformaciones del 4%, en los gaviones se ven mallas sin roturas, con deformaciones longitudinales del +10% y transversales de -16%.

En el Capítulo 4, mostramos los procedimientos de ensayos aprobados por la Universidad Nacional de Tucumán, y el marco de tracción cuyo diseño permite modificar el ancho natural de las mallas, para ponerlas de acuerdo con las observaciones de los gaviones en servicio. Simplemente, para aplicar la Ley de Hooke a este proceso, hay que tener en cuenta que los gaviones al deformarse

“generan” mallas más angostas o más anchas que la de origen.

Sometemos estos trabajos a la crítica técnica de nuestros colegas de la ingeniería.

Capítulo 1

F346: Mecánica de deformación de gaviones: Ensayos de mallas para gaviones, deformaciones y fuerzas que actúan en los gaviones

Reseña

Los ensayos de tracción de mallas de alambre para gaviones fuera del contexto de la mecánica de deformación de los gaviones, no son útiles, más aún son peligrosos porque confunden al lector y lo inducen a creer, como es práctica habitual, que las cargas y las deformaciones de rotura en Kg/ml son lo importante, cuando solamente son valores referenciales que abren la puerta a la utilización de gaviones y a otros temas de investigación.

En los informes técnicos del Capítulo 2 se muestran obras que han colapsado y se miden las deformaciones longitudinales y transversales de los gaviones; en ellas no hay roturas de mallas. Esto indica que los ensayos de tracción de mallas de alambre para gaviones, tienen que relacionarse con la mecánica del proceso de deformación de los gaviones.

Los gaviones se deforman a volumen constante

Las mallas se angostan a medida que los gaviones se alargan, debido a las fuerzas de tracción, dado que las deformaciones se producen sin agregado ni quita de las piedras contenidas. Lo mostramos en el siguiente ejemplo ideal, muy parecido a la realidad:

Si las medidas iniciales de un gavión son: $4 \times 1 \times 1 \text{ m} = 4 \times a_1 \times b_1$, y se alarga un 14%, pasa a medir $4,56 \times b_2 \times h_2$. Debido a ese alargamiento, su sección transversal se reduce en la inversa del 14% que es 88%.

Consideremos que $b_2 = h_2$, entonces: $b_2 = h_2 = 0,94 \text{ m}$, lo que significa que las mallas se angostan un 6% porque las piedras se adaptan a la forma del nuevo recipiente. Este ejemplo casi coincide con las observaciones de nuestros informes señalados arriba.

El angostamiento es posible porque los alambres de la malla están dispuestos en zig-zag formando un enrejado, lo cual descarga la tensión en las mallas y facilita un

Nota: En este número 33, se publica el Capítulo 1 y el Capítulo 2 del compendio. En los próximos números de **cet** aparecerán los Capítulos 3 y 4. El informe técnico completo está en: www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/avances/informestecnicos

mayor alargamiento. Los alambres giran en sus nodos a manera de bielas con momento flector pequeño, y si aumenta la carga, las mallas siguen alargándose longitudinalmente y angostándose al través, un 6% más hasta romperse.

Sin embargo, el proceso real tiene el límite muy inferior al que se desprende del ejemplo y es el colapso de las obras. Luego del colapso, poco interesa saber si los gaviones están sanos, simplemente la obra ha perdido el perfil de diseño. Esto también desvirtúa la importancia del valor numérico de las cargas de rotura, Kg/m. lineal de los ensayos de tracción: se puede afirmar que los gaviones no se rompen por tracción.

Las mallas electro-soldadas con alambres rectos a lo largo y al través no se angostan ante fuerzas de tracción, y también debido a esta conformación, las deformaciones son mucho menores que en las mallas romboidales y hexagonales.

Nuestro procedimiento de ensayos

Para analizar la mecánica de deformación de los gaviones, se deben ensayar mallas de igual ancho en reposo. A éstas, se las fija en la máquina de tracción de manera que queden inicialmente de distintos anchos, porque eso sucede en los gaviones, en los que se ven mallas angostadas y ensanchadas. Este enfoque es diferente del que vemos en otras publicaciones, puesto que abordamos este estudio desde el punto de vista de las deformaciones y no de la resistencia Kg/ml de las mallas. Una vez elegido el ancho, se las tracciona manteniendo ese ancho constante, como se ve en nuestro informe técnico **F355**, hasta llegar a las medidas de las muestras tomadas en obra; así se determinan las fuerzas que actúan en cada punto del gavión. Dicho en función de las coordenadas:

Si un gavión tejido con mallas cuyas coordenadas en reposo son $E1(F=0, P1o, Pto)$, se deforma, de él se toma una muestra de coordenadas $F2(\zeta, P12, Pt2)$ con $F=?$, porque no sabemos cuánta fuerza está aplicada. Podemos determinar esta fuerza F haciendo un ensayo de tracción: angostamos la probeta hasta que tenga $Pt2$ y la sometemos a tracción. Cuando alcanza las coordenadas $E2(F, P12, Pt2)$ estaremos ante la fuerza cuyo valor F buscamos y el problema queda resuelto.

Si por el contrario limitamos los ensayos a mallas de ancho natural, no resultan aplicables a gaviones porque **éstas y éstos** mantienen su ancho natural sólo cuando no están sometidos a tracción y como tal, muestran una situación que no existe.

Ante estas evidencias, el problema de poner al alcance

del lector los resultados de ensayos sacados de contexto, es que si, resuelve usarlos, terminará diciendo lo que expresamos en la reseña de nuestro informe técnico **F155a** (2006): *“Les pondré (a los gaviones) un coeficiente de seguridad de 5 a éstos, de 4 a estos otros, y de 3 a aquéllos; o dirá: - No me sirven estos ensayos, son inaplicables.”*

Capítulo 2

En los informes técnicos de este capítulo se muestran obras que han colapsado y se miden las deformaciones longitudinales y transversales de los gaviones; en ellas no hay roturas de mallas. Esto indica que los ensayos de tracción de mallas de alambre para gaviones, tienen que relacionarse con la mecánica del proceso de deformación de los gaviones.

F344: Deformación de mallas de gaviones, río Famaillá (Tucumán, R. A.)



Fig. 1 Socavación de la cabecera del puente

Analizamos una defensa de ribera, volcada por una creciente extraordinaria. El muro está compuesto por gaviones de secciones 1x1 m apoyado en otro de igual sección, y éste sobre de otros que sufrieron daños anteriormente. El ramaje, figura 1, depositado en el puente, que sufrió el socavado de una losa de aproximación, da una idea del nivel que alcanzó la corriente. En la imagen

se observa el proceso de reparación.
La longitud de la parte derrumbada, figura 2, es de aproximadamente 25 m.

Vemos la importancia de los ataques activos, que pueden causar gran destrucción en una sola tormenta, como fue la de la noche del 13 enero de 2007.



Fig. 2 Colapso de muro a lo largo de 25 m.

En la figura 2 los gaviones de la fila superior, que sufrieron pronunciado descalce, se apoyan en los de la fila siguiente. Son de malla hexagonal del tipo 8 x 10 cm - 2,5 mm, con paso longitudinal $Pl_0 = 165$ mm, paso transversal $Pt_0 = 82$ mm y alambres de borde de 3,25 mm.



Fig. 3 Fila superior volcada

En las figuras 5 y 6, se puede observar la malla deformada de una tapa, en un punto próximo a una subdivisión:



Fig. 4 Mallas con amplias deformaciones longitudinales, transversales y tangenciales.

$Pl_1 = 179$ mm, $Pt_1 = 143-75 = 68$ mm, $\epsilon_l = (l_1 - l_0) * 100 / l_0 = 8,48\%$, $\epsilon_t = (t_1 - t_0) * 100 / t_0 = -17\%$. Hay fuerte alargamiento en dirección longitudinal, fuerte contracción transversal y también deformación por tensiones tangenciales.



Fig. 5 Deformaciones longitudinales, transversales y tangenciales.



Fig. 6 Detalle de las deformaciones.



Fig. 7 Medición con dos cintas métricas.



Fig. 8 Detalle de la medición con cintas métricas.

En las figuras 7 y 8, se puede ver la imagen de una tapa próxima a una cara lateral. No hay alambre de borde, sino cambio de plano de la envolvente. Hay fuerte alargamiento en dirección longitudinal y fuerte contracción transversal:

$$Pl_1 = 180\text{mm}, Pt_1 = 145 - 75 = 70\text{mm}, \epsilon_l = (l_1 - l_0) * 100 / l_0 = 9,09\%, \epsilon_t = (t_1 - t_0) * 100 / t_0 = -14,6\%.$$



Fig. 9 Amplias deformaciones (Detalle de la figura 10).



Fig. 10 La subdivisión evidencia la contracción transversal del gavión.

En la figura 9, detalle de la figura 10, la malla se deformó a $Pl_1 = 176\text{mm}$, $Pt_1 = 65\text{mm}$, $\epsilon_l = (l_1 - l_0) * 100 / l_0 = 6,7\%$, $\epsilon_t = (t_1 - t_0) * 100 / t_0 = -20,7\%$.

En la figura 10, se puede ver la fuerte contracción transversal del gavión, la ondulación de la subdivisión vertical lo evidencia. El ancho nominal de 1 m se redujo a 0,84 m. Las medidas del hexágono están en la figura 9.

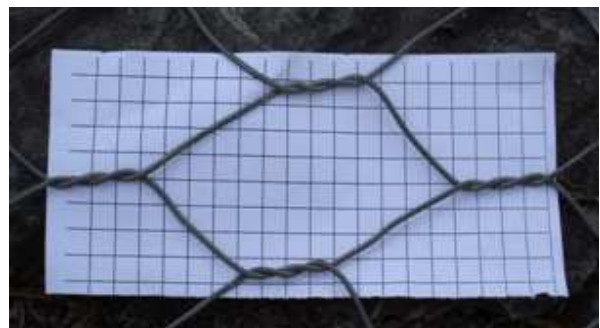


Fig. 11 La cuadrícula facilita la apreciación de las deformaciones.



Fig. 12 Las deformaciones exceden los rangos prácticos de medición.

En las figuras 11 y 12 se utiliza una cuadrícula puesta cada 10 mm debajo de la malla. La figura 11 muestra las deformaciones por fuerzas tangenciales: 15 mm / 73 mm. $Pl_1 = 170\text{mm}$, $Pt_1 = 73\text{mm}$, $\epsilon_l = (l_1 - l_0) * 100 / l_0 = 3,03\%$, $\epsilon_t = (t_1 - t_0) * 100 / t_0 = -11\%$, $\alpha = \text{arctg} 15/73 = 11,6^\circ$. Hay un pequeño alargamiento en dirección longitudinal, fuerte contracción transversal y fuerte deformación por fuerzas tangenciales. En la figura 12 las deformaciones exceden los rangos de medición.



Fig. 13 Vista en planta.



Fig. 14 Resistencia del enrollamiento.

Las figuras 13 y 14 muestran la excelente resistencia del enrollamiento de los alambres de la malla en el alambre de borde transversal (ABT). Se rompió el alambre de costura entre ambos gaviones, se desprendieron los AB longitudinales (ABL) de la tapa y del paño vertical ante la fuerte deformación.



Fig. 15 Los alambres de borde no acompañan al alargamiento de la malla. ABL de la tapa y ABL de la caja.

miento de la malla. ABL de la tapa y ABL de la caja.

En la figura 15 se observa un gavión de longitud inicial = 4 m, que se alargó hasta 4,35 m.

$$\epsilon_l = (l_1 - l_0) * 100 / l_0 = 9,88\%$$

Las pequeñas señales en los extremos de los alambres de borde longitudinales (ABL) que son de 3,25 mm, muestran que los ABL de la tapa de un gavión y de la caja del otro se desprendieron deslizándose entre las torsiones que los vinculan a las mallas sin acompañar a la deformación de los mismos. El del gavión de la derecha se enganchó con la tapa y deformó al hexágono. En ese hexágono se ve cómo las trenzas entre alambres de borde muy gruesos en comparación con los de las mallas resultan desequilibradas y deslizables.

Conclusiones

- 1.- Vemos la importancia de los ataques activos, a los que definimos como aquellos que inciden sobre las obras por circunstancias fortuitas y que casi siempre son fuertes corrientes de agua que remueven el terreno de fundación. Pueden producir su colapso parcial, de poca importancia, o daños muy severos. La corriente muchas veces arrastra arena gruesa, ripio o grandes piedras y ramaje y éstos atacan a las mallas de alambre si no se hacen protecciones en su cara expuesta. Los ataques activos se diferencian de los ataques pasivos en que éstos tienen que ver con el envejecimiento natural de las mallas de alambre.
- 2.- Los alambres de bordes longitudinales (ABL) y los transversales (ABT) son generalmente más gruesos que los de la malla y rompen la regularidad del tejido. Cuando el tejido se deforma, los AB no acompañan bien a estas deformaciones y si se los hace progresivamente más gruesos, perjudican en mayor medida a la deformabilidad, que es la cualidad esencial de los gaviones.
- 3.- Los gaviones no se rompen por tracción, ya que el colapso de los muros precede ampliamente a las cargas de rotura y que si éstas se producen, es tras el colapso. El muro analizado resulta ser del tipo seco, esto permite concluir que en el caso de muros en contacto con corrientes de agua los riesgos son el desgaste, la rotura violenta de los alambres, o las socavaciones que los desestabilizan.
- 4.- La contracción transversal del gavión ante el alargamiento, que se produce siempre porque el volumen de piedras es constante, alivia y facilita la deformación longitudinal de las mallas.
- 5.- La deformabilidad de las mallas es la constante, el punto cero del análisis de la utilización de mallas romboidales y hexagonales para gaviones.
- 6.- Los ensayos de tracción longitudinal de mallas sin

permitir la contracción transversal y viceversa, son ajenos a los gaviones prismáticos, y que eventualmente son aplicables a tierra armada.

7.- Los ensayos indicados en el punto anterior, deben hacerse según los lineamientos de la norma IRAM IAS U 500 – 102 con las adaptaciones imprescindibles, salvo que haya normas de tracción de mallas de alambre tejido romboidal o hexagonal, que no conocemos.

F339-1: Deformaciones de mallas de gaviones: Hundimiento de un espigón de gaviones, sin rotura de las mallas



Fig. 16 Espigón

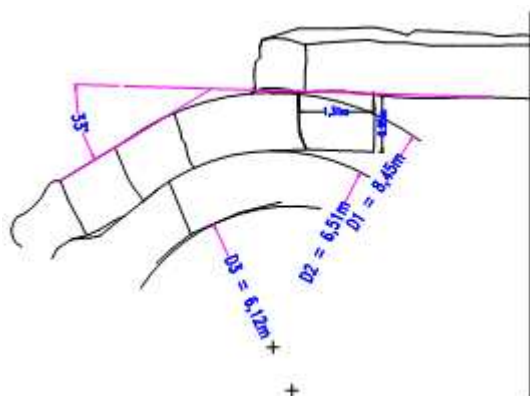


Fig. 17 Esquema del espigón

Observando las figuras 16 y 17, apreciamos que el espigón en su conjunto está alargado, incluso en su cara inferior, ya que la pendiente propicia el escurrimiento del extremo del espigón hacia el cauce del río. Las filas están cosidas entre sí, con lo que no hay deslizamiento entre ellas. Lo contrario sería: suponer que son aplicables las ecuaciones de Navier para vigas elásticas sometidas a flexión, con la consecuente contracción de la cara inferior respecto de su eje neutro, lo cual es imposible, ya que estamos ante canastos cargados con pie-

dras y no ante una viga homogénea, **F055** (1996). Los alambres de estas mallas, del tipo IRAM-IAS U500, se rompen por tracción con deformación específica mínima del 12 %, pudiendo alcanzar el 22%; los círculos trazados muestran segmentos de longitud creciente. Como las filas están cosidas entre sí, no hay deslizamiento entre ellas, entonces se aprecia la importante deformación que han sufrido. La altura del gavión horizontal es de 0,95m (1). Los arcos son de $D3 = 6,12\text{ m}$, $D2 = 6,51\text{ m} = 1,063\text{ D3}$, $D1 = 8,45\text{ m} = 1,33\text{ D3}$.

Esta deformación amplia, específica, se ve facilitada por la contracción de la sección transversal, **F155b** (2006). Se puede afirmar que: como el arco menor ya está deformado, entonces las deformaciones son mayores que el 15 %.

F345: Deformación de mallas de gaviones, río Romano (Tucumán, R.A.)

Este informe es la continuación del F344. Las observaciones siguen el procedimiento de ese informe. La fila superior de esta defensa se desplomó en enero de 2007 y cayó más de cuatro metros sobre el lecho del río a lo largo de 30 m sin romperse. El notorio alargamiento de estos gaviones, debido a la fuerza de tracción, fue acompañado por la contracción de su sección transversal. Las fuerzas tangenciales provocaron el revirado de 180°. En un informe anterior al presente mostramos que esta misma defensa ya sufrió un volcamiento parcial ante una creciente extraordinaria, con deformaciones del 8 al 10 %, sin rotura de las mallas.



Fig. 18 Río Romano, Tucumán, R.A.

Las mallas son romboidales de abertura 76mm tejidas con alambre de 3,25mm con $PI = 112\text{mm}$ y $Pt = 112\text{mm}$.



Fig. 19 Una persona del lugar señala el nivel que alcanzan las crecientes.

En las figuras 20 y 21 se muestran las mediciones realizadas sobre las diagonales de uno de los rombos deformados. Ellas fueron: $PI = 83\text{mm}$ y $Pt = 137\text{mm}$, con lo que las deformaciones específicas resultan:

$$\epsilon_l = (l_1 - l_0) * 100 / l_0 = -25,9 \%$$



Fig. 20 Medición de diagonal transversal.

$$\epsilon_t = (l_1 - l_0) * 100 / l_0 = 12,2 \%$$



Fig. 21 Medición de diagonal longitudinal.

Conclusión:

Esto confirma, para mallas romboidales, lo analizado en nuestro informe 344: Que para mallas tejidas usadas en gaviones se debe analizar la contracción transversal, porque sería inútil ensayar mallas de ancho natural constante, ya que resultaría inexplicable que las deformaciones longitudinales alcancen el 26% sin que el tejido se rompa.

F347: Gaviones del río Amarillo o de Gualco (Famatina, La Rioja, R.A.)



Fig. 22 Gavión volcado en el Badén de la Ruta provincial N° 11

A la salida sur de la ciudad de Famatina, hacia Chilecito, por la ruta provincial N° 11 cruza el río Amarillo o de Gualco por un badén extenso. El muro que se ve en la figura 22, de dos metros de altura (dos filas superpuestas de gaviones), de la ribera de aguas arriba del badén fue

erosionado por la creciente. Al fondo se ve la margen derecha del río. El gavión de arriba se volcó con revirado de 80° en 5 m y el de abajo, de 60° en 6m. La malla es del tipo 6 x 8 - 2,35 y no presenta roturas ante este ataque activo. Lugareños nos dijeron que ya soportó seis

crecientes, que se volcó en la primera, pero que está bien. Debajo del gavión, en un corrillo que abrió la creciente, cuelga un trozo de membrana geotextil.

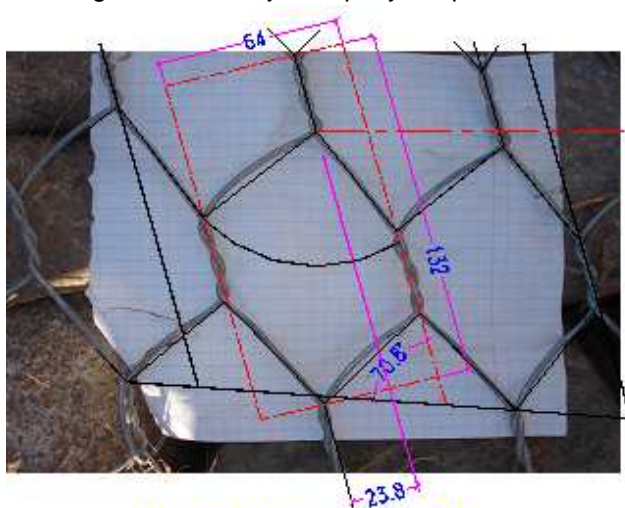
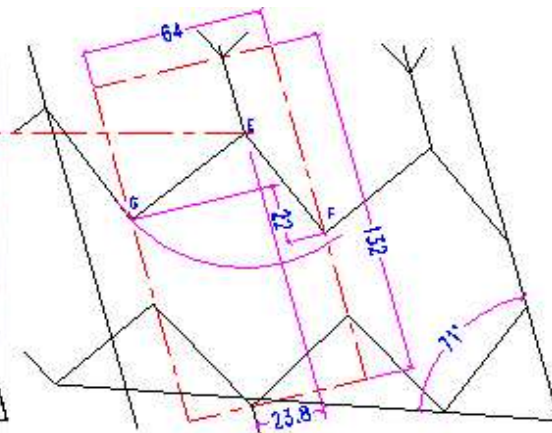


Foto 2894, Fig ... del F347
Malla hexagonal 6 x 8 - 2.35mm



En esta fotografía de la malla sometida a gran deformación angular

Fig. 23

En la figura 23 la cuadrícula de medición es de 5mm. La inclinación de la malla, muy pronunciada, es un caso típico de deformación por tensiones de corte, es de 71° y la desviación de una fila de trenzas respecto de la siguiente es de 23,8mm. Las mallas son del tipo 6 x 8cm - 2,34mm. El paso longitudinal Pl=132mm es el mismo que el de la malla en reposo, el Pt =64mm presenta leve contracción. No hay tracción, no hay roturas.

F071b: Resistencia de mallas de alambre ante el colapso de muros de gaviones, Chumbicha (Catamarca, R.A.)

Reseña: Ante el colapso de defensas de gaviones, las mallas romboidales y las hexagonales no se rompen, porque no alcanzan las Deformaciones de rotura determinadas en los Ensayos de laboratorio.



Fig. 24 Colchonetas tendidas sobre de un bordo. Este se escurrió y las colchonetas se hundieron.



Fig. 25 Vista de la malla deformada.

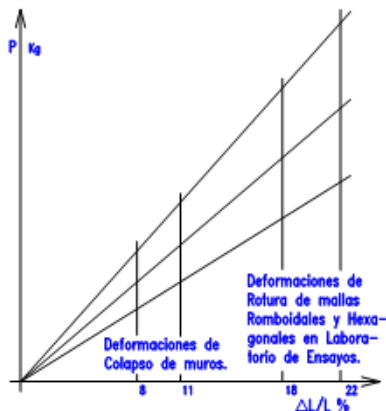


Fig. 26 Deformaciones de colapso de muros y de rotura de mallas. El colapso precede a las roturas.

En la RN 38, entre las provincias de Catamarca y la Rioja, en Chumbicha (Catamarca), hay dos obras de gaviones de malla romboidal de 76 mm - diagonales de 112 x 112 mm - tejida con alambre Ø 2,95 mm, que fueron construidas en el año 1988. El 30 de setiembre de 2005 hicimos las siguientes observaciones:

-Una está ubicada en el Km 523,5 y se encuentra en perfecto estado de conservación. Es un muro transversal bajo, de ~30 x 3 x h 1 m, con colchonetas 0,30 m, para atenuar la pendiente a la cuneta por la que corre el agua de lluvia, hasta evacuarla en un arroyo que cruza la ruta en el Km 523.

-En esta desembocadura está la otra defensa en U, transversal a la cuneta, de ~30 x 3 x h 2 m, con alas de gaviones. Ambas alas sufrieron hundimientos, siendo el de la izquierda muy pronunciado. Esta consistía en varios gaviones de 2 x 1 x 0,5 m, puestos encima de colchonetas de 4 x 2 x 0,30 m, las componentes X e Y de las deformaciones específicas son muy severas:

Colchonetas: Las hebras están dispuesta “de arriba hacia abajo” por lo que medimos:

P. Longitudinal, a lo largo de las hebras, $655/5 = 131$
 $(131 - 112)/112 = 17 \%$.

P. Transversal, al través de las hebras, $290/3 = 97$ $(97 - 112)/112 = - 13\%$.

Gaviones: Las hebras están dispuesta “horizontales”. En la figura 27 vemos que:

P. Longitudinal, medido en tres rombos es $P_l = 302/3 = 100,7$ mm y $l = (100,7 - 112)/112 = - 10 \%$.

P. Transversal, medido en 9 hebras es $P_t = 1170/9 = 130$ y $t = (130 - 112)/112 = 16 \%$.

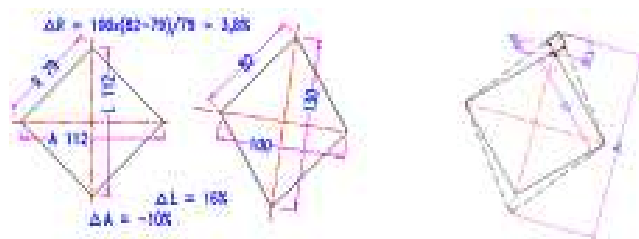


Fig. 27 Medidas de las diagonales de la malla romboidal natural (112 x 112 mm) y deformada (130 x 100 mm).

Las deformaciones de acortamiento y de alargamiento de las diagonales de este rombo, no superan el 5%. $(82-79)/79 = 3,8 \%$. Podrían ser mayores que el 12% fijado como valor mínimo de rotura por la norma IRAM-IAS 500-102. Pero además, la disposición en zig-zag de las diagonales, permite que el alargamiento longitudinal de las mallas, sea mayor que el de las diagonales, y por añadidura, la contracción lateral de las mallas aumenta la capacidad de deformación longitudinal de las mallas, **Guzmán** (1996).

Entre los resultados obtenidos del colapso de esta defensa pequeña, que permite la contracción de los gaviones, y los de la defensa del Río Romano que mostramos en nuestro informe **F345** - de 300 m de largo por 4 m de altura, desde donde cayó un tramo de 30 m de largo hasta el lecho del río - se confirma que las deformaciones posibles de las mallas son muy superiores a las de colapso de los muros.

Por esto, la deformabilidad es la cualidad más importante de ambos tipos de mallas para gaviones como se muestra en los informes técnicos **F058** (1998), **F067** (1997), **F345** (2007), **F080a R1** (2005) y **F080b R1** (2006).

En el informe **F065** (1997) se muestra la gran deformación de mallas hexagonales causadas por fuerzas tangenciales.



Fig. 28 Otra vista de la figura 24

Bibliografía:

- F008** (1988): Ensayos de tracción de alambres usados en gaviones y colchonetas, UNT.
- F009 R1** (1988): Ensayos de costuras de mallas romboidales para Gaviones y Colchonetas.
- F009/1**(1988): Resistencia de mallas romboidales usadas en gaviones y colchonetas.
- F009/3** (1993): Ensayos en UNT de mallas hexagonales Bravo - Tipo 8 x 10 - Ø2,94 mm.
- F009/4b** (1993): Marco metálico para ensayo de mallas hexagonales - Tipo 8 x 10.
- F009/4c** (1993): Ensayos de tracción de mallas hexagonales de tipo 8x10 de alambre.
- F009/4 R1** (1993): Gráfico de Ensayo en UNT de mallas hexagonales Bravo - Tipo 8 x 10 - Ø2,94 mm.
- F055** (1996): Comparación de Resistencia Mecánica de mH de tipo 8 x 10 cm y de 6 x 8 cm.
- F058** (1998): En la Deformabilidad está la clave para el análisis de la utilización de mallas de alambre en gaviones.
- F065** (1997): Relación entre la rotura de gaviones de alambre tejido y la deformabilidad de las mallas, el desgaste y la corrosión.
- F067** (1999): Alcances de los ensayos de tracción de mallas de alambre para Gaviones.
- F071** (2004): Rotura y destejido de mallas para gaviones.
- F080a R1** (2005): Soporte técnico de los gaviones Domingo A. Bravo.
- F080b R1** (2006): Reseñas de los Informes técnicos sobre los gaviones Domingo A. Bravo.
- F155a** (2006): Los ensayos de tracción, cargas de rotura y coeficientes de seguridad. El peso de las mallas.
- F155b** (2006): Otra particularización de los ensayos de tracción de mallas tejidas de alambres para gaviones.
- F335** (2005): Costura de gaviones.
- F336 R1** (2006): El alambre de bordes de gaviones de malla hexagonal.
- Guzmán, A. M.** (1966) Curso de Resistencia de Materiales, Universidad Nacional de Tucumán, Cap. IV, pp. 26, fig. IV, 13-a.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio de Ensayos de Materiales del Departamento de Construcciones y Obras Civiles de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, su invariable atención para el desarrollo de los procedimientos y la realización de ensayos desde el primero que hicimos en el año 1988, hasta la actualidad.

Domingo Antonio Bravo

Maestro Normal Nacional Regional e Ingeniero Mecánico de la U.N.T. año 1974. En la UNT auxiliar docente 2º categoría de cátedra de Dibujo y Geometría Descriptiva. Trabajó en el equipo de proyectos del Ferrocarril Funicular Horco Molle, San Javier, años 1973 a diciembre de 1974. Fue profesor de Prácticas de taller en la Escuela de Sacarotecnia, y de Dibujo en el Instituto Técnico. Se desempeña en la industria metalúrgica desde el comienzo de su actividad laboral. Ahora dirige su empresa Domingo A. Bravo – Gaviones. La Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación le ha conferido el galardón 2005 al Empresario innovador por el NOA y lo ha apoyado en sus proyectos de innovación tecnológica.

