

# DURABILIDAD A LARGO PLAZO DE LOS NUEVOS GAVIONES

Gerardo Fracassi, Petrucio Santos Junior y Javier Herrera

Maccaferri do Brasil Ltda., Brasil - Maccaferri de Argentina, Argentina.  
E-mail: fracassi@maccaferri.com.br, petrucio@maccaferri.com.br, jherrera@maccaferri.com.ar

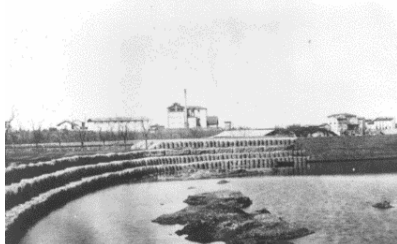
## Introducción

Según Fracassi (2017), los gaviones empezaron a ser usados hace más de 2000 años. Fueron encontrados vestigios de estructuras similares en las ruinas de la ciudad de Caral, Perú datadas aproximadamente 2627 a. C. (Figura 1a) y hay noticias de obras parecidas usadas en la misma época en Egipto en el alto Nilo. En ambos casos fueron usadas mallas vegetales para contener las piedras, en el primero caso eran constituidos de red trenzada y en el segundo de mimbres entrelazados. Durante la edad media y el Renacimiento estructuras parecidas fueron usadas como fundación y en el siglo XIX fueron usadas en las guerras napoleónicas y en la guerra civil americana para construir fortificaciones (Figura 1b).



**Figura 1.-** Primeras aplicaciones de los gaviones: a) Caral gaviones de malla vegetal trenzada; b) guerra civil americana (FRACASSI, 2017).

El gavión metálico, parecido al que hoy conocemos apareció por primera vez poco después, en 1892 cuando fue usado en el río Reno para reconstruir un dique que había sido destruido durante una crecida (Figura 2).



**Figura 2.-** Primer caso de muros en gaviones (FRACASSI, 2017).

El gavión, en ese entonces era muy diferente del que conocemos actualmente ya que era producido con malla eslabonada y no de doble torsión. El revestimiento del alambre, que inicialmente era de muy bajo gramaje, fue aumentando hasta llegar, en los años 50, a los valores aún usados actualmente de algunas centenas de gramas por metro cuadrado. En los años '90 del siglo pasado surgió entonces la aleación de zinc/aluminio que es usada hoy. Actualmente están siendo estudiadas nuevas aleaciones para aumentar la protección del alambre.

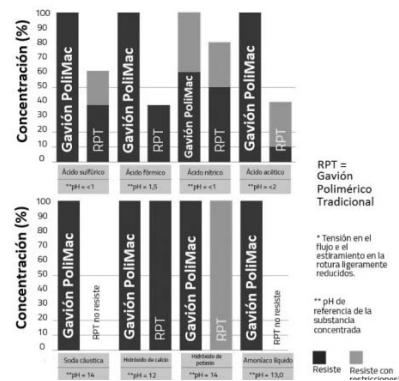
## Durabilidad en función del ambiente

Debido a que los gaviones metálicos tienen serias restricciones en ambientes muy agresivos, en los años '40 del siglo pasado empezó a ser usado un recubrimiento adicional en material plástico, el poli vinil cloruro, más conocido como PVC que, aún

cumpliendo su acción de protección en muchos ambientes agresivos, tenía y tiene algunas limitantes que son:

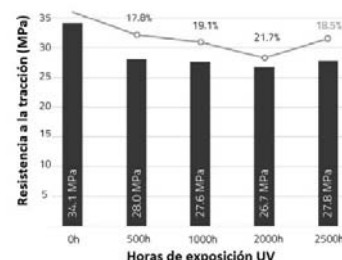
- contener en su composición elementos químicos como halogenios (cloro) y tóxicos (DOP's, plastificantes, ftalatos, etc.) que, aún en pequeña cantidad, pueden ser contaminantes al medio ambiente;
- tener una resistencia media a algunos ácidos cuando estos se encuentran a altas concentraciones (sulfúrico, fórmico, acético), al hidróxido de potasio, a la soda cáustica y al amonio líquido, todos estos productos pueden estar presentes en los cuerpos de agua debido a descargas industriales, residuales y agroquímicas.
- tener una resistencia media a los rayos ultravioletas;
- tener una resistencia media a la abrasión.

En el transcurso de los últimos años se ha estudiado el comportamiento mecánico de los gaviones y como sus propiedades físicas pueden cambiar con el tiempo y con el ambiente, a través de las características de la red metálica considerando su durabilidad. Se llegó a un nuevo gavión, el Gavión PoliMac, que presenta propiedades que lo diferencian mecánica y químicamente del gavión recubierto de PVC (indicado como RPT), lo que le permite ser utilizado en ambientes agresivos. La Figura 3 muestra el comportamiento del Gavión PoliMac en comparación con el RPT al ser expuesto a diferentes productos químicos.



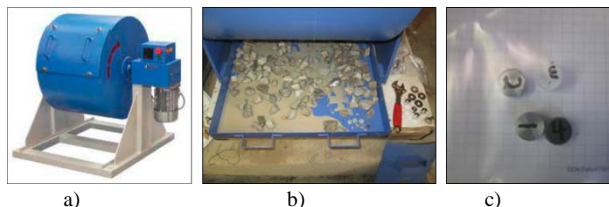
**Figura 3.-** Comportamiento del RPT y del PoliMac expuestos a ambientes distintos.

Es posible observar el comportamiento de la red del Gavión PoliMac a la exposición a la radiación ultravioleta en la Figura 4. Estos resultados se basan en la norma EN10223-3 e ISO 4892-3.



**Figura 4.-** Ensayo de envejecimiento acelerado – Resistencia a la tracción de la red.

De la misma forma fue posible observar el diferente comportamiento de tres tipos de gaviones en relación a la abrasión a través del ensayo Los Ángeles, oportunamente modificado. Cuerpos de prueba fueron inseridos en el equipo y mezclados con piedras de cantera y agua; la rotación del mismo provocó el desgaste de las diferentes muestras. Todas las muestras medían 6 mm de espesor y 16 mm de diámetro y fueron pesadas antes y después del ensayo, para medir la pérdida de masa durante la prueba (Figura 5).



**Figura 5.-** a) Equipo Los Ángeles, b) material de desgaste usado y c) cuerpos de prueba.

De los resultados relacionados en la Tabla 1 es posible verificar que la pérdida de masa del Gavión PoliMac es del mismo orden de magnitud que para el Gavión metálico (revestimiento Galfan). Aproximadamente es 1,2 veces mayor.

Es necesario considerar que:

- el peso específico del Polimac es de aproximadamente  $950 \text{ kg/m}^3$ , mientras que el del Galfan es de aproximadamente  $7.200 \text{ kg/m}^3$ . Es decir que el Galfan es el 7,3 veces más pesado.

- el espesor del Polimac es de 0,5 mm mientras que el del revestimiento Galfan es de 0,035 mm ( $35 \mu\text{m}$ ). Es decir que el revestimiento plástico es 14 veces más grueso.

Por lo tanto, es posible llegar a la conclusión que el tiempo necesario para desgastar el Gavión PoliMac es más que el doble del gavión metálico y que la vida útil de un Gavión PoliMac, cuando está sometido a la abrasión, es casi tres veces mayor que un gavión con revestimiento metálico.

Estos estudios se utilizan como base para obtener factores de reducción que sirven para considerar las propiedades físicas del gavión y consecuentemente fundamentar el método de cálculo que verifica la estabilidad de las estructuras en gavión a lo largo del tiempo.

**Tabla 1.-** Resultados del los gaviones al ensayo Los Ángeles.

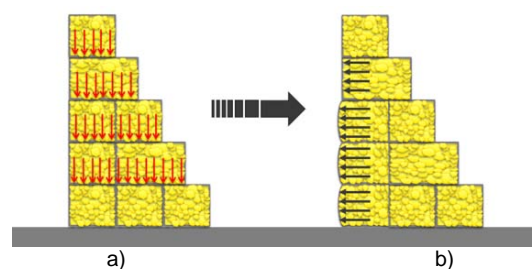
Material de la muestra			Gavión		
			Metálico	PoliMac	PVC
Masa total de suelo = 10 kg	Rotaciones	Masa inicial	44.19	7.85	9.46
		500	Masa [g]	44.18	7.85
		$\Delta$ masa [%]	-0.02	0.00	0.00
	1,000	Masa [g]	44.12	7.86	9.45
		$\Delta$ masa [%]	-0.16	0.13	-0.11
	1,500	Masa [g]	44.13	7.88	9.45
		$\Delta$ masa [%]	-0.04	0.38	-0.11
	2,000	Masa [g]	44.10	7.86	9.42
		$\Delta$ masa [%]	-0.20	0.13	-0.11
	2,500	Masa [g]	44.08	7.85	9.41
		$\Delta$ masa [%]	-0.25	0.00	-0.53
	3,500	Masa [g]	44.085	7.838	9.399
		$\Delta$ masa [%]	-0.24	-0.15	-0.65
	4,500	Masa [g]	44.073	7.829	9.392
		$\Delta$ masa [%]	-0.27	-0.27	-0.72
	5,500	Masa [g]	44.071	7.824	9.389
		$\Delta$ masa [%]	-0.27	-0.32	-0.75

## Durabilidad estructural

Según Santos Junior (2018), los gaviones son elementos estructurales compuestos por red metálica y material de llenado

con alta resistencia a la compresión, capaces de soportar elevados niveles de tensión. Los nuevos Gaviones PoliMac presentan características de resistencia a largo plazo capaces de garantizar durabilidad y deformaciones compatibles con los niveles de sollicitud disponibles por el ambiente en el que están instalados.

Las investigaciones realizadas se basaron en modelos numéricos complejos que permitieron estudiar el comportamiento mecánico del elemento gavión (Figura 5) y entender cómo las sollicitudes externas pueden interferir en las estructuras compuestas por tales elementos. Los modelos creados a través del método de elementos discretos y un análisis teórico juicioso permitieron crear un método de cálculo que analiza el gavión como nunca antes fue analizado (Figura 6), además de hacer una asociación al estudio de durabilidad en función del tipo de ambiente.



**Figura 5.-** Comportamiento mecánico de los muros de gaviones: a) tensiones verticales por capa; b) tensiones horizontales por capa (SANTOS JUNIOR, 2018).



**Figura 6.-** Estudio de la capacidad carga de los gaviones: a) modelo experimental; b) modelo numérico (SANTOS JUNIOR, 2018).

Además de crear un método de cálculo nuevo para comprender el concepto del muro de gaviones como estructuras de contención, se crearon parámetros que permiten aumentar la durabilidad de los nuevos gaviones cuando están sometidos a tensiones oriundas de regímenes hidráulicos.

Esta investigación crea un nuevo concepto de durabilidad para los gaviones y permite que los proyectistas e investigadores puedan seguir más allá con los avances de las obras en gaviones, tanto bajo condiciones geotécnicas como bajo condiciones hidráulicas.

## Referencias bibliográficas

**BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BS EN 10223-3** (2013): Steel wire and wire products for fencing and netting. Hexagonal steel wire mesh products for civil engineering purposes.

**International Organization for Standardization - ISO 4892-3** (2013) Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 3: Fluorescent UV lamps.

**Fracassi, G.** (2017). "Proteção de rios com Soluções Maccaferri". Oficina de textos, São Paulo, Brasil. pp. 263-265, 268-272.

**Santos Junior, P.** (2018). Gabiões e estruturas de arrimo: análise teórico-numérico-experimental do comportamento mecânico. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.