

---

# **Análisis del comportamiento a arrancamiento de anclajes de seguridad para andamios en fábricas reales de ladrillo perforado**

S. González Rodrigo, A. Cobo Escamilla y F. González Yunta

## **RESUMEN**

Existen numerosos trabajos de investigación que analizan el comportamiento y la resistencia de anclajes de acero en elementos de hormigón armado. Sin embargo es habitual en obras de rehabilitación, encontrarse con la necesidad de levantar una estructura de andamio necesariamente anclada al muro de fábrica que constituye la fachada. El cumplimiento de la actual normativa española para el cálculo de andamios supone la consideración de la acción del viento que incide en las lonas de protección de estas estructuras. Éste efecto puede someter a los elementos de anclaje en fachada a un esfuerzo de arrancamiento. El presente trabajo analiza el comportamiento de anclajes de acero tipo cáncamo, insertados en tacos de plástico y con distintas longitudes de entrega dentro del muro real de fábrica de ladrillo. Para ello se ha seguido el método de ensayo expuesto en las directrices europeas para anclajes de plástico con distintos usos en fábricas de ladrillo para uso no estructural (EOTA-ETAG -20).

## **ABSTRACT**

Strength and performance of steel anchorages in reinforced concrete elements have greatly been analyzed in research works. Nevertheless, quite commonly, there is a need to build up a scaffolding structure anchored to the masonry wall forming the façade. In order to meet the present in force regulation on

---

Spain when designing the scaffolding, the wind action over the protective canvas has to be taken into consideration. This effect can generate on the facade wall fixings a strong pullout stress. This paper analyzes the behavior of steel anchorages inserted into plastic plugs with different lengths, in real masonry walls. To this end, testing methods shown in European guidelines for plastic anchorages for multiple uses in masonry for non-structural applications (EOTA-ETAG-20) have been followed.

## 1. Introducción

Los andamios constituyen un sistema eficiente y seguro sobre el que desarrollar trabajos en altura, sin embargo la seguridad que proveen solo se logra si es posible mantener estabilidad suficiente entre sus elementos y el muro al que se encuentra sujeto (Berry, 2002). Existen en el mercado un amplio abanico de sistemas de fijación, que van desde las fijaciones mecánicas, con distintos tipos de tacos y anclajes, a los sistemas químicos. Pero la elección del sistema, entre muchos factores, depende en gran medida de la experiencia previa y la tradición de las empresas dedicadas a su colocación. Los sistemas de anclaje por puntos constituyen uno de los métodos más utilizados en la consecución de la estabilidad por su capacidad de impedir el movimiento de traslación en cada plano y de rotación en cada eje de la estructura auxiliar.

Los trabajos de rehabilitación habitualmente conllevan el mantenimiento de la envolvente del edificio, por los que es habitual el anclaje del andamio a una fachada formada por distintos tipos de fábrica de ladrillo. La literatura científica es profusa en el estudio y análisis de distintos tipos de anclajes en elementos de hormigón armado (Hashimoto, 2004; Delhomme, 2010), recogiendo numerosos trabajos experimentales que han permitido conocer el comportamiento de anclajes *in situ* o perforados a posteriori, sometidos a distintos tipos de esfuerzos. Sin embargo, pese a su elevado grado de ocurrencia, son escasas las referencias de este tipo de fijaciones en muros de fábrica de ladrillo (Murat, 2007).

---

La regulación y los métodos de ensayo de este tipo de fijaciones, queda recogido en la Guía para la Idoneidad Técnica Europea sobre distintos sistemas de anclaje introducidos en tacos de plástico ensayados sobre elementos de hormigón y de fábrica de ladrillo con uso no estructural (ETAG-020, 2012). El documento ha sido redactado por el comité de expertos de la Organización Europea para la Idoneidad Técnica (EOTA) y en su parte 4 recoge los métodos de verificación, así como de evaluación y juicio de los sistemas de fijación para su uso.

El presente trabajo de investigación recoge los resultados obtenidos en diferentes ensayos, llevados a cabo siguiendo la metodología descrita en la normativa, con objeto de tener un punto de partida sobre la resistencia a arrancamiento de anclajes de acero tipo cáncamo embutidos distintas profundidades en tacos de plástico introducidas en muros reales de fábrica de ladrillo perforado. Los resultados obtenidos se han comparado con datos experimentales anteriormente publicados (CEB, 1994).

## **2. Método de ensayo**

La campaña de ensayos ha sido realizada en una fachada de una vivienda unifamiliar en Madrid. El muro, de fábrica de un pie ladrillo enfoscado en su hoja exterior, cuyo aparejo estaba dispuesto a tizones y tomado con mortero de cemento rico en arena, como era costumbre en momento de su construcción hace más de 40 años. A fin de homogeneizar los resultados, todos los ensayos han sido realizados en una misma hilada, para que el grado de afección de la compresión del muro en el anclaje fuese similar en todos los puntos. Además todas las fijaciones han sido situadas en el centro de la cara expuesta de la pieza de ladrillo, para lo que ha sido necesaria la retirada local de parte del enfoscado exterior.



*Figura 1 – cáncamo de acero*

En el estudio se han realizado dos series de quince ensayos utilizando cáncamos de acero como el que muestra la figura 1 de 120mm de longitud total de vástago, con 70 mm de parte roscada y 50mm de lisa. En la primera serie el cáncamo de acero ha sido introducido hasta su cabeza, embutiendo tanto la zona roscada como la lisa. En la segunda serie de ensayos solamente se ha introducido en el taco la parte roscada.

Los tacos alojados en el interior de la pieza de ladrillo seleccionada del muro tienen de 70 mm de longitud y 14 de diámetro (fig 2) y han sido enrasados con la cara exterior del mismo. La introducción del cáncamo en el taco se realiza por rotación.



*Figura 2– Taco de plástico Ø14 x 70*

Las extracciones de las fijaciones se han realizado y ensayado con ayuda de la herramienta HAT 28 M de Hilti. El equipo consta de un tornillo mecánico actuante sobre una célula de carga hidráulica, que mide la carga aplicada de forma directa sobre el anclaje, mostrándola en un manómetro (fig 3). Una regla permite controlar el valor del desplazamiento del cáncamo durante el ensayo.



Figura 3 – elementos principales del tester HILTI 28M

### 3. Resultados y análisis

El método de ensayo de las fijaciones es manual, por lo que según se va girando la llave que somete a tracción el anclaje, es necesario ir anotando la fuerza indicada en el reloj y el desplazamiento mostrado en la regla (fig 4).



Figura 4 – ensayo de extracción del cáncamo

Los valores de carga máxima de cada uno de los dos ensayos son los indicados en la figura 5, donde se puede apreciar que el valor medio de fuerza de arrancamiento en la serie de ensayos 2 es superior al de la serie 1.

serie 1			serie 2		
anclaje	fuerza (kN)	desplaz (mm)	anclaje	fuerza (kN)	desplaz (mm)
1.1	5	1,25	1.2	5	1
2.1	4,5	0	2.2	5,5	1
3.1	4	1	3.2	8	1,75
4.1	5	1	4.2	9	1,4
5.1	5	1	5.2	4,5	0,87
6.1	5	0	6.2	4,5	1
7.1	2	0	7.2	6,5	2
8.1	2	0	8.2	4	1
9.1	2	0	9.2	6	1
10.1	5	0	10.2	6	1
11.1	4,5	0,75	11.2	5,5	1
12.1	7	0	12.2	6	0,75
13.1	6	1,75	13.2	6	0,75
14.1	7	1,25	14.2	5,5	1,25
15.1	5	2	15.2	6	1
v.medio	4,6	0,7	v.medio	5,9	1,1

Figura 5 – fuerza máxima de arrancamiento y desplazamiento en ese valor

Durante la realización del ensayo, y al tratarse de un muro real, se pudo observar que los anclajes 7, 8 y 9 de la primera serie, alcanzaron su carga máxima llegando apenas 2kN. Pudo comprobarse *in situ* que esa zona de la fachada se encontraba más deteriorada, por lo que se descartan esos valores para el posterior análisis de los datos.

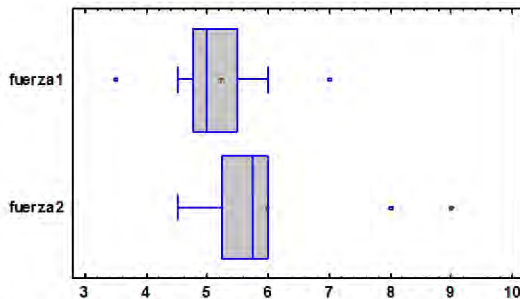
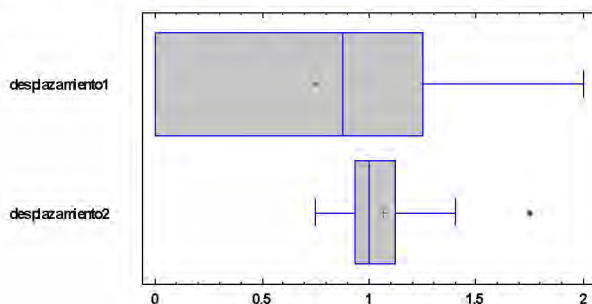


Figura 6 – comparación de los resultados de la fuerza máxima en ambos ensayos

Analizando los valores obtenidos en ambos ensayos se observa que todos los indicadores estadísticos del ensayo 2 se encuentran por encima de los del primer ensayo, pudiendo apreciar también que la concentración de resultados del primer

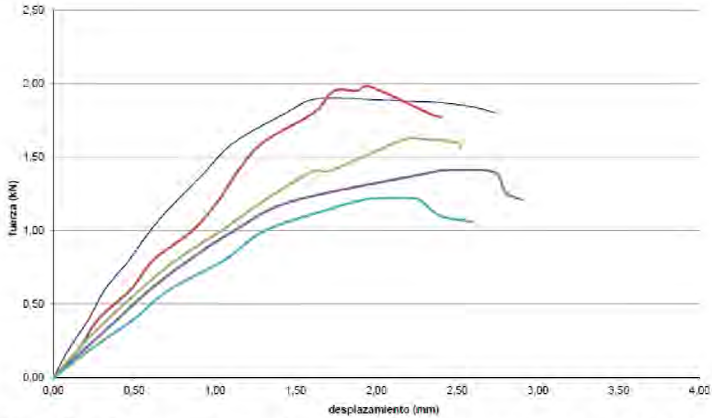
ensayo, se localiza en el primer tramo del rango intercuatílico (entre 4,75 y 5 kN). Por el contrario, los resultados más concentrados del segundo están el segundo tramo (entre 5,75 y 6 kN). La figura 6 muestra por tanto que la entrega total del cáncamo en la pieza de ladrillo, consigue peores resultados a arrancamiento que la embutición parcial de su vástago.



*Figura 7 – comparación de los resultados desplazamiento bajo fuerza máxima en ambos ensayos*

Si analizamos los desplazamientos podemos observar que más del 40% de los anclajes, apenas se ha desplazado cuando ha alcanzado la carga máxima en el experimento 1 y apenas un 25 % de los anclajes supera el 1mm de desplazamiento. Sin embargo, en el caso del experimento 2 todos los anclajes ensayados desplazan antes de alcanzar la carga máxima. En la figura 7 es posible observar que existe una gran dispersión en los resultados del primer ensayo, por el contrario se aprecia una concentración en los valores del segundo.

Si comparamos los valores del ensayo realizado sobre fábricas de ladrillo reales a los valores experimentales obtenidos en probetas en laboratorio de trabajos previos publicados (CEB, 1994; González et al, pp), podemos observar que los valores del ensayo sobre muros reales de fábrica de ladrillo dan resultados de carga máxima superiores a 2kN, que es el valor asintótico de los resultados en probetas de ladrillo (fig 8).



*Figura 8 – diagrama carga-desplazamiento en ensayos en probetas de laboratorio para anclajes con tacos plásticos y fábrica de ladrillo perforado*

## 4. Conclusiones

La fuerza máxima que alcanza un anclaje tipo cáncamo alojado en el interior de un taco de plástico dentro de una fábrica de ladrillo real, es significativamente superior si el cáncamo se introduce sólo en su parte roscada y no en la totalidad de su vástago. Este comportamiento previsiblemente se debe a la falta de acuñamiento contra los resaltos interiores del taco de la zona lisas del cáncamo. Por otro lado los desplazamientos producidos cuando la carga es máxima son menores, e incluso nulos, en los casos de cáncamos ajustados a tope, y su valor está por debajo de los registrados en los ensayos con penetración parcial, lo que indica un grado de ductilidad mayor de los anclajes introducidos parcialmente. Es importante destacar que los resultados obtenidos en ambos experimentos en muros de fábrica de ladrillo reales, dan valores significativamente mayores que los obtenidos en ensayos en probetas de ladrillo en trabajos experimentales publicados realizados sobre probetas de ladrillo.



---

## Referencias Bibliográficas

Berry, CK, Davis BR. (2002). "A guide to safe scaffolding". *Division of occupational safety and health N.C. Department of Labor, 4 W. Edenton St., Raleigh, NC 27601-1092.*

CEB (1994). "Fastenings to concrete and masonry structures. State of the art report". Thomas Telford Services Ltd. London.

Delhomme, F., Debicki, G. (2010). "Numerical modelling of anchor bolts under pullout and relaxation tests". *Construction and building materials*. 24, 1232-1238.

ETAG 020 (2012) "Guideline for European Technical approval of plastic anchors for multiple use in concrete and masonry for non-structural applications". European Organization for Technical Approvals. Kunstlaan 40 Avenue des Arts. B-1040 Brussels.

González Rodrigo, S. González Yunta, F. González García, M.N. Cobo, A. "Evaluación de la fuerza de anclajes de andamios de fachada". *Informes de la construcción*. Aceptada, pendiente de publicación.

Hashimoto, J.; Takiguchi, K. (2004). "Experimental study on pullout strength of anchor bolt with an embedment depth of 30 mm in concrete under high temperature". *Nuclear engineering and design*. 229, 151-163.

Murat Algin. H. (2007). "Investigation of masonry wall fixings subject to pullout load and torque". *Construction and building materials*. 21, 2041-2046.