

Conforme a:

| ASTM C39 – AASHTO T22 |

# Nuevas prensas automáticas AUTOMAX y PILOT El poder de la innovación

**CVI TECH**

CUSTOMER'S VALUE  
DRIVES THE INNOVATION



Distribuidor exclusivo en México:

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A DE C.V.

Av. Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda,  
Atizapán de Zaragoza, C.P. 52959, Estado de México.

Tels. (+52 55) 55 32 07 99, 55 32 07 22, 53 78 14 82

**CONTROLS** Your Partners  
Masters of Technology

[info@controls.com.mx](mailto:info@controls.com.mx)  
[www.controls.com.mx](http://www.controls.com.mx)

# ADVANTEST

**Un sistema  
servo-hidráulico  
multifunción para  
ensayos bajo**

**CONTROL  
DE CARGA**

**CONTROL DE  
DESPLAZAMIENTO Y  
DEFORMACIÓN**

Conforme con normas y métodos:  
ASTM, AASHTO, EN, EFNARC, NMX



- ▶ Control en lazo cerrado de alta sensibilidad
- ▶ Control automático de hasta 4 bastidores
- ▶ Control integral vía PC
- ▶ Rapido set up a través del módulo software de calibración

## VARIAS CONFIGURACIONES

### CONCRETOS, BLOQUES Y MORTEROS



### CONCRETO LANZADO Y REFORZADO CON FIBRAS



### ROCAS: PRUEBAS UNIAXIALES Y TRIAXIALES



**PULL-OUT:**

# Método de estimación de la resistencia a compresión en estructuras de concreto

**O. Aguirre<sup>(1)</sup>  
y E. Vidaud.**

<sup>1</sup> Ingeniero civil, especialista en pruebas no destructivas. Encargado de ventas y desarrollo de tecnologías en Germann Instruments, Inc. Skokie, Illinois, USA.

La calidad del concreto en una estructura se determina indirectamente al ensayar cilindros fabricados con el concreto usado en el colado de sitio. Esto es bien aceptado por la industria en general; sin embargo, posibles problemas en la calidad del concreto, podrían ser detectados muy tarde, por lo que la resolución de éstos, podría tener un importante impacto económico.

En muchas ocasiones, los concretos son muestreados para ensaye a la compresión, antes de que se hagan adiciones de agua, buscando mejoras en la trabajabilidad e incluso en casos extremos, cuando los especímenes se preparan con mezclas “especiales” buscando cumplir con las especificaciones de proyecto.

Estas situaciones inducen a que le tengamos que dar mayor importancia a la estimación de la resistencia a la compresión, no de la mezcla que llega al sitio para el colado de la estructura, sino del concreto endurecido, ya colado y fraguado en el sitio, tanto a edades tempranas, como a cualquier edad que se considere pertinente. En otras ocasiones se necesitan datos específicos de la resistencia del concreto ya puesto en la estructura; por ejemplo, para el descimbrado a edades tempranas o para la aplicación artificial y estratégica de cargas en elementos por medio de esfuerzos de pretensado.

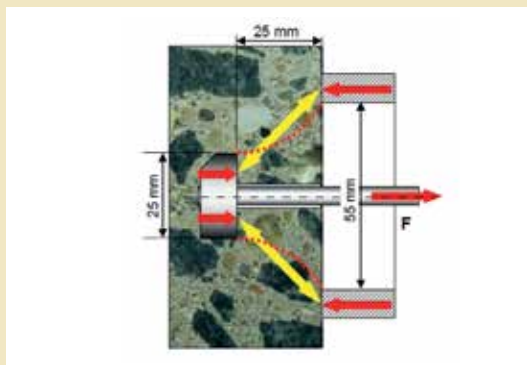


Figura 1

Figura 2



Esquema del principio físico en la prueba “Pull-out”. La zona definida entre el inserto y el anillo en contrapresión, se encuentra sometida a esfuerzos de compresión.



(A)



(B)



(A) Se observa la falla cónica observada en la prueba “Pull-out”; de aproximadamente 25 mm y 55 mm de diámetro, en el fondo y en la superficie, respectivamente. La profundidad del cono es de aproximadamente 25 mm.

(B) En la fotografía se aprecia un corte transversal de la zona de prueba, en donde se pueden observar los agrietamientos resultantes de la prueba.

En los últimos años, se han desarrollado varios métodos para estimar la resistencia a la compresión directamente en la estructura. Todos estos métodos estiman y califican la resistencia mediante el desarrollo de correlaciones entre los resultados de ensayos en cilindros o cubos de concreto a compresión y los resultados de otras pruebas, tales como la esclerometría y el ultrasonido. Estos métodos siguen teniendo el gran inconveniente de que los resultados no son instantáneos y no aportan la confiabilidad que se requiere.

En la búsqueda de alternativas más viables, hace 40 años en Dinamarca, se perfeccionó la técnica "Pull-out". Los resultados obtenidos con esta técnica establecen una estrecha correlación con la resistencia a compresión del concreto sin que exista influencia de parámetros tales como la relación agua-cementante, el tipo de agregado, el estado de la superficie y la edad de la estructura, que son muy influyentes en la prueba de esclerometría; o con la distribución del acero de refuerzo en la estructura, que además de los otros parámetros, es muy influyente en la prueba de ultrasonido.

La prueba semidestructiva "Pull-out", se puede utilizar en estructuras nuevas como método de control de calidad del concreto colado o en estructuras viejas, para determinar la resistencia a compresión, ocasionando un mínimo daño, en las zonas de muestreo.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

En general, tal y como se aprecia en la figura 1, se trata de un disco de acero, con un diámetro de 25 mm, que se instala a una profundidad de 25 mm, y que luego se extrae concéntricamente, ejerciendo fuerza contra un anillo de 55 mm de diámetro, en contrapresión, apoyándose en la superficie de la zona de estimación.

El concreto entre el disco y el anillo de contrapresión se encuentra sometido a esfuerzos de compresión pura. En este caso se puede obtener la fuerza "F" requerida para extraer el inserto, que es una medida asociada a la resistencia última a la compresión del concreto. El ensayo se puede realizar entonces, ya sea para verificar una carga requerida, caso en el cual la prueba no es destructiva, o para determinar la carga máxima; la cual resulta en una pequeña falla cónica de aproximadamente 55 mm en la superficie (Fig. 2), y que como antes se comentó, es una medida asociada a la capacidad máxima a la compresión del material.

Figura 3



Inserto embebido en el concreto endurecido.

Figura 4



Proceso de colocación de inserto "flotante" en la superficie de concreto fresco, en una losa de concreto.

La prueba "Pull-out" que se refiere en este escrito, a diferencia de las pruebas tradicionales, se pueden llevar a cabo en estructuras nuevas o existentes, sin tener que considerar la inclusión de insertos metálicos de prueba en la masa de concreto, previo al colado del elemento.

Todos los detalles del instrumento, de los insertos metálicos, así como del desarrollo de la prueba y de los procedimientos a seguir, se encuentran descritos en la norma ASTM C-900 (*Standard Test Method for Pullout Strength of Hardened Concrete*), en la norma europea EN 12504-3 (*Testing concrete in structures. Determination of pull-out force*) y en la norma británica BS 1881:207 (*Testing concrete. Recommendations for the assessment of concrete strength by near-to-surface tests*); así como en el ACI 228.1R (*In-Place Methods to Estimate Concrete Strength*).

### EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS NUEVAS

En la prueba "Pull-out" tradicional, el inserto metálico para estructuras nuevas, cuenta con diversos aditamentos dependiendo de su aplicación. En superficies verticales o partes inferiores de elementos estructurales, el inserto metálico se fija a la cimbra. Una vez que el inserto esté correctamente fijado a la cimbra, se cuela el concreto. El tiempo de extracción dependerá de la edad en que se requiera conocer la resistencia del concreto, pero en general, puede ser antes o después de retirar la cimbra. Es común que se dejen 3 insertos en una misma zona, para llevar a cabo la prueba a 3, 7 y 28 días.

En la figura 3 se muestra un inserto embebido en una estructura, al interior de la masa de concreto endurecido. Es común que esta prueba se realice para evaluar el tiempo de descimbrado en función de la madurez que vaya adquiriendo el concreto (inserto de descimbrado temprano).

En el caso de las losas de concreto o de superficies horizontales, se usan los llamados insertos "flotantes", que se instalan en el concreto en estado fresco (Fig. 4).

En las figuras 5a y 5b se muestran secciones de los insertos (instalados) para descimbrado temprano y "flotante", respectivamente. Asimismo, en la fotografía que se presenta en la figura 6, se muestran algunos de los aditamentos usados en el desarrollo de la prueba de "Pull-out" tradicional.



Figura 5

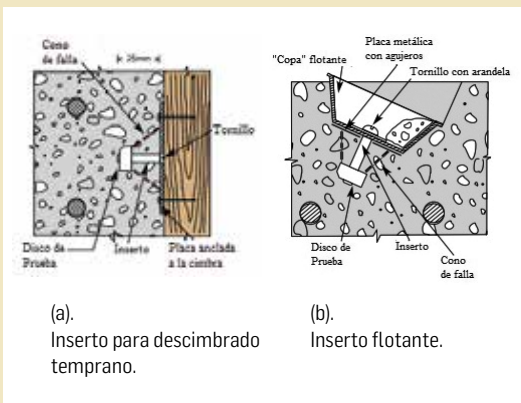


Figura 6

De izquierda a derecha: inserto de control, de descimbrado temprano, inserto sin aditamentos e inserto "flotante".



## EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

Una nueva técnica para llevar a cabo la prueba "Pull-out" en estructuras existentes, en donde previamente no se ha dejado el inserto, se ha desarrollado en los últimos años. Los detalles de la prueba también se especifican en la norma ASTM C-900, y para la extracción y medición del esfuerzo al arrancamiento, se emplea la misma máquina usada para insertos preinstalados. En general la prueba sigue la metodología que se ilustra en la figura 7.

La aplicación correcta de la prueba "Pull-out" ofrece un sinnúmero de ventajas al dueño de la obra, al contratista y en general a todo el equipo involucrado en la construcción. En muchos proyectos de ingeniería, la prueba no solo resulta una simple alternativa, sino que se ha convertido en una necesidad real, para el logro de mejores construcciones y ahorro importante de recursos, sobre todo en lo que respecta al control de la calidad del concreto y a los costos indirectos por el menor tiempo de construcción.

Por otro lado, mediante la correcta planeación y utilización de la prueba "Pull-out" en estructuras nuevas se logra evaluar la calidad del recubrimiento y de los procedimientos de curado. Asimismo, es posible obtener con mayor rapidez los niveles de resistencia a compresión, directamente en el sitio sin que se tengan que hacer extracciones previas, hacer preparaciones y posteriormente ensayar las muestras en laboratorio.

En todos los casos, tanto en estructuras nuevas como en existentes, la prueba ofrece un resultado muy cercano al del concreto puesto en obra. En general, el resultado que se obtiene ya considera la compactación y el vibrado, el curado, la relación agua-cementante real y la madurez del concreto.

## CALIBRACIÓN CON EL ENSAYE DE NÚCLEO O DE CILINDROS

El mecanismo de falla del concreto en la prueba "Pull-out" es totalmente a compresión; por lo que se pueden utilizar los resultados para evaluar la resistencia del concreto a la compresión; sin embargo, resulta importante que adicionalmente, los resultados que se obtengan, sean correlacionados con resultados de ensayos en cilindros. De acuerdo a lo anterior, para verificar la efectividad de la prueba, se



Figura 7

Metodología general para la aplicación de la prueba "Pull-out" en obras construidas.

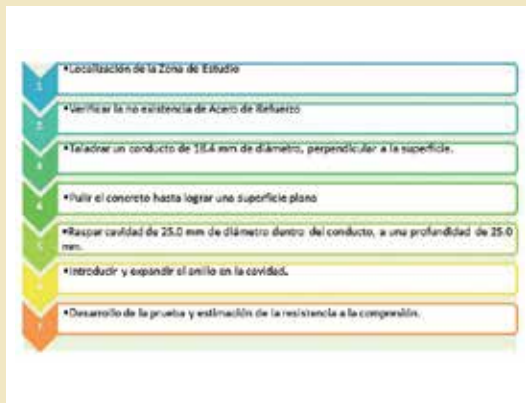


Figura 8



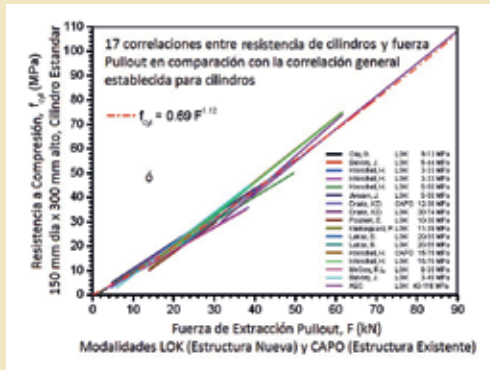
Proceso de desarrollo de prueba de "Pull-out".





Figura 9

Correlación entre resultados de prueba "Pull-out" con la del ensaye de cilindros. Tal y como se aprecia, la relación entre los resultados de las pruebas es prácticamente 1:1.



han generado en los últimos 40 años, un sinnúmero de investigaciones en entidades gubernamentales, educacionales y privadas, encaminadas al estudio de la correlación entre los resultados de la prueba y los de ensayos de cilindros de concreto.

Las correlaciones de referencia desarrolladas para varios rangos de resistencia han tomado en cuenta entre otros parámetros, el tipo de cemento, el tamaño máximo del agregado y la relación agua-cementante. Con los resultados que se han obtenido y mediante análisis estadísticos, se han generado funciones que correlacionan la fuerza de extracción resultante de la prueba, con los niveles de resistencia obtenidos directamente del ensaye a la compresión de cilindros. En general, se trata de correlaciones estables y robustas; que permiten que una sola curva se use independientemente de las

características de la mezcla (Fig. 9), siendo la excepción los concretos elaborados con agregados ligeros que tienen funciones de correlación particulares.

Internacionalmente, existen diversas referencias del uso exitoso de la prueba como son: la torre "Scotia Place" y la mina "Cigar Lake", ambas en Canadá y el puente "Storebaelt" en Dinamarca. En la torre "Scotia Place", se utilizó la prueba, como medida de control de calidad, logrando ahorrar hasta 1.5 millones de dólares, debido al acortamiento de los tiempos de construcción y la optimización de los tiempos de descimbrado con el conocimiento de los niveles de la resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades, estimados por medio de la prueba. En el caso de la mina "Cigar Lake", otro fue el uso. La prueba se llevó cabo para estimar la resistencia a la compresión en zonas "de duda" coladas con concreto lanzado.

Finalmente, una de las mayores aplicaciones conocida de la prueba "Pull-out" ha sido en el puente "Storebaelt" de casi 7 km de longitud, construido en Dinamarca en 1998 para unir las islas Selandia y Fionia. Dadas las condiciones agresivas del medio circundante, se usó la prueba para verificar la calidad del recubrimiento del acero de refuerzo, para asegurar la vida útil de la estructura. **C**

#### BIBLIOGRAFÍA:

- ACI 228. 2R-98 (1998). *Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures*. ACI Committee 228.
- Carino, N. y Petersen, C. G. (2012) "NDT & Advanced Methods for Evaluation of Concrete". *Education Workshop, Agosto 2012*. Germann Instruments, Evanston, Ill.
- Germann Instruments (2010). *NDT System*.
- Krenchel, H. and Shah, S. P. (1985): "Fracture Analysis of the Pull-Out Test". RILEM, *Materials and Structures* nr. 108. Chapman & Hall. London, GB.
- Petersen, C. G. and Poulsen, E. (1993). "LOK-test and CAPO-test". Dansk Betoninstitut A/S. Dinamarca.
- Malhotra, V. M. *Evaluation of the Pullout Test to determine strength of in-situ concrete (1975)*. *Materials and Structures (RILEM, Paris) Vol. 8, No. 43, Jan-Feb, 1975. pp 19-31.*

# Moctezuma presente en las grandes obras de México

Administración  
Portuaria Integral  
Altamira, Tamaulipas  
México



[www.cmoctezuma.com.mx](http://www.cmoctezuma.com.mx)