



AVANCES EN TÉCNICA DIC APLICADA A MEDICIÓN DE DEFORMACIONES¹

Dos Santos Ayres, Mauricio; Vogel, Alonso; Duarte, Javier; Reinert, Hugo; Detke, Fernando

¹Trabajo de Investigación

Resumen

En construcciones civiles de la provincia de Misiones es común el uso de las mamposterías de ladrillos cerámicos huecos como cerramiento, despreciando el aporte estructural de estos elementos. Para poder considerar dicho aporte es necesario estudiar el comportamiento mecánico de los mampuestos frente a diferentes estados de carga tanto en el campo elástico como plástico.

El comportamiento mecánico se analiza midiendo las deformaciones que experimenta el elemento mientras se le aplica un sistema de cargas, para poder definir así las características constitutivas del material. Uno de los problemas frecuentes que surge en la medición de deformaciones con flexímetros es el limitado espacio disponible en el ladrillo cerámico hueco, ya que cada pared del mampuesto podría sufrir una deformación diferente, por lo que sería necesario el uso de un gran número de flexímetros para poder obtener el mapa de deformaciones de la sección. Este inconveniente puede salvarse utilizando la técnica de Correlación de Imágenes Digitales (DIC- por sus siglas en inglés), la cual permite evaluar los desplazamientos producidos a partir de imágenes tomadas durante el ensayo. Debido a las ventajas que trae consigo, la técnica de correlación de imágenes digitales es ampliamente utilizada en el análisis de diversos problemas en el campo de la mecánica experimental. Sin embargo, aún no se ha validado el uso de esta técnica en el análisis del comportamiento mecánico de ladrillos cerámicos huecos.

Con el fin de validar la técnica aplicada a los mencionados ladrillos cerámicos huecos se realizaron ensayos de rotura de probetas, midiendo las deformaciones con un flexímetro para luego comparar los resultados con los de un software de correlación de imágenes digitales.

Con el objeto de exhibir la consistencia entre los métodos tradicionales y el método DIC para la medición de deformaciones, se presentan los resultados y conclusiones de los distintos ensayos realizados en los cuales se consiguió un acercamiento deseado entre los resultados de la utilización de dichos métodos.

Palabras Clave: *Correlación de Imágenes Digitales – Mampostería - Comportamiento Mecánico.*

Introducción



La dificultad de medir por métodos convencionales las deformaciones que sufre la mampostería al estar sometido a cargas llevó a buscar una alternativa para realizar el estudio de los mismos, colocando a la técnica de Correlación de Imágenes Digitales (DIC) como una posibilidad de mejorar la toma de datos de los ensayos sobre mampuestos gracias a la sencillez de su aplicación, ejecución y procesamiento.

Con esta técnica la sección del mampuesto se divide en subconjuntos virtuales, denominados facetas, y mediante la aplicación de algoritmos de correlación, se busca una región o faceta de la imagen de referencia en la imagen deformada, determinando el vector de desplazamientos en cada conjunto de facetas procesadas y de esta manera tener un campo de deformación más amplio que el que se pudiera conseguir con las técnicas de medición tradicionales.

Se compararán los resultados conseguidos con un flexímetro con los de un software de correlación de imágenes para así validar la técnica aplicada a los ladrillos cerámicos huecos y encontrar consistencia entre ambos métodos de medición. Además, una vez calibrado el uso del método se tomarán los resultados de los ensayos para hallar las propiedades mecánicas del elemento en estudio para así poder realizar un modelo del mismo en un software de análisis de elementos finitos.

Metodología

Los ensayos se realizaron en ladrillos cerámicos huecos de nueve y doce agujeros con distintos espesores de pared. Antes de ensayar cada ladrillo se tomaron todas sus medidas para tener una correcta caracterización geométrica de los mismos. Luego, con el fin de que las bases del ladrillo resulten superficies planas y paralelas entre sí, y al mismo tiempo normales al eje longitudinal de la probeta, se realizó un encabezado menor a cinco milímetros con una capa de adhesivo para cerámica. Además, se introdujo una placa rígida de acero entre el ladrillo y la celda de carga, logrando así una distribución uniforme de la carga aplicada, evitando la concentración de tensiones, Tal como se muestra en la figura 1.

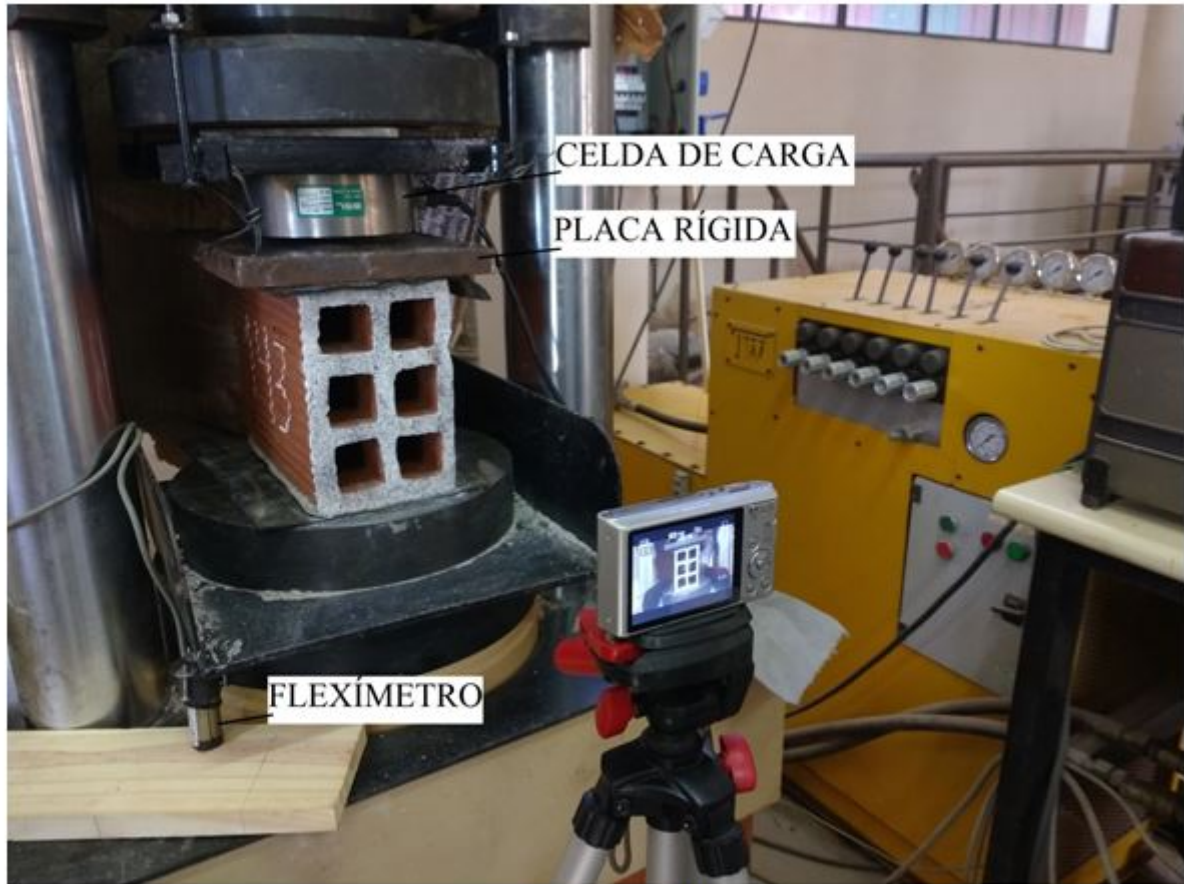


Figura 1- Preparación del ensayo.

El ensayo a compresión transversal se realizó con una prensa hidráulica computarizada Ibertest modelo HIB 150. La celda de carga (BSL modelo GCY-2 de 30000 Kg) se encuentra fija y la carga se aplica a una velocidad de 340 kg/s desde abajo hasta llegar a la rotura, motivo por el cual el flexímetro se ubica en la parte inferior, tomando medida del desplazamiento de la prensa que debería ser el mismo que el de la cara inferior del ladrillo. Los datos del flexímetro y de la celda de carga se registraron con un amplificador universal de 8 canales MX 840 del sistema de adquisición de datos QuantumX de HBM.

Por otra parte, se realizó un moteado del ladrillo, generando un patrón estocástico de buen contraste para poder medir la deformación mediante la técnica DIC con el software libre GOM-correlate V8 SR1. Las imágenes se tomaron utilizando una cámara fotográfica digital Sony Cyber-Shot DSC-W730 de 16.1 MP y zoom óptico 8x. La ubicación de la cámara es tal que el ladrillo queda en el centro de la imagen, a una distancia fija.

El uso del software consiste primeramente en importar el video grabado del ensayo con la cámara digital, luego definir una superficie de análisis sobre dicho video la cual limitaremos preferentemente a que englobe la cara del ladrillo que estamos analizando. la figura 2 describe este procedimiento.

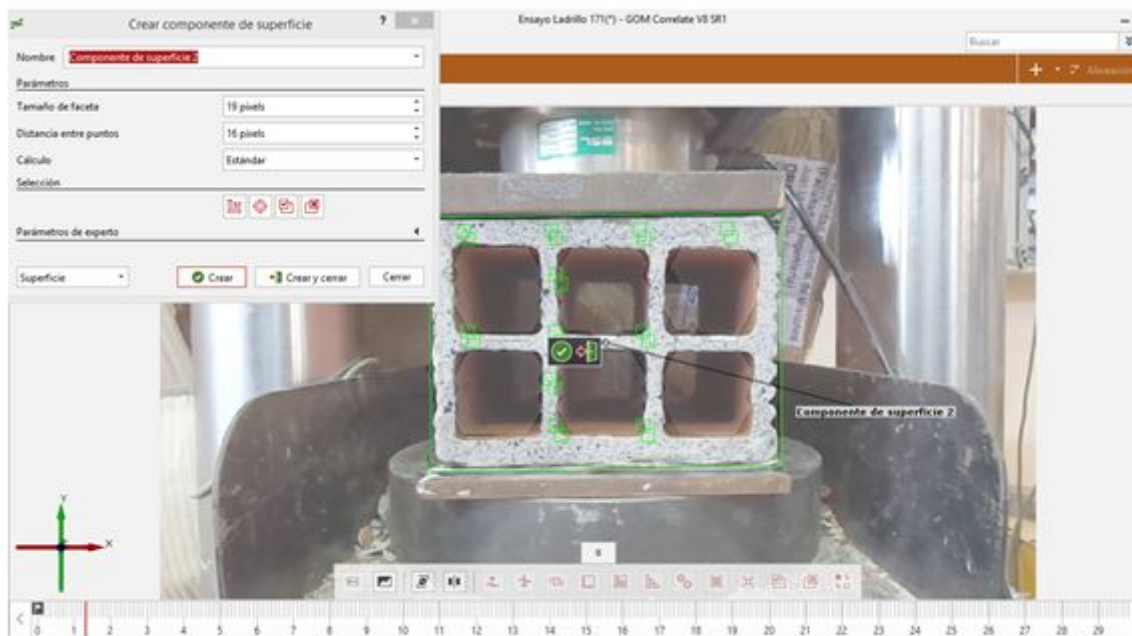


Figura 2 – Creación de la superficie de análisis.

Una vez elegidos los parámetros necesarios, introducir una escala de medición que sirve como referencia al software para transformar las unidades digitales (píxeles) en deformaciones para así obtener seguidamente los desplazamientos horizontales y verticales. Como se observa en la figura 4, el software permite visualizar los desplazamientos de cualquier punto en cualquier instante del video de la superficie moteada del ladrillo. A su vez, el programa de correlación genera una escala de desplazamientos a un lado de la interfaz con los valores máximos y mínimos del instante seleccionado.

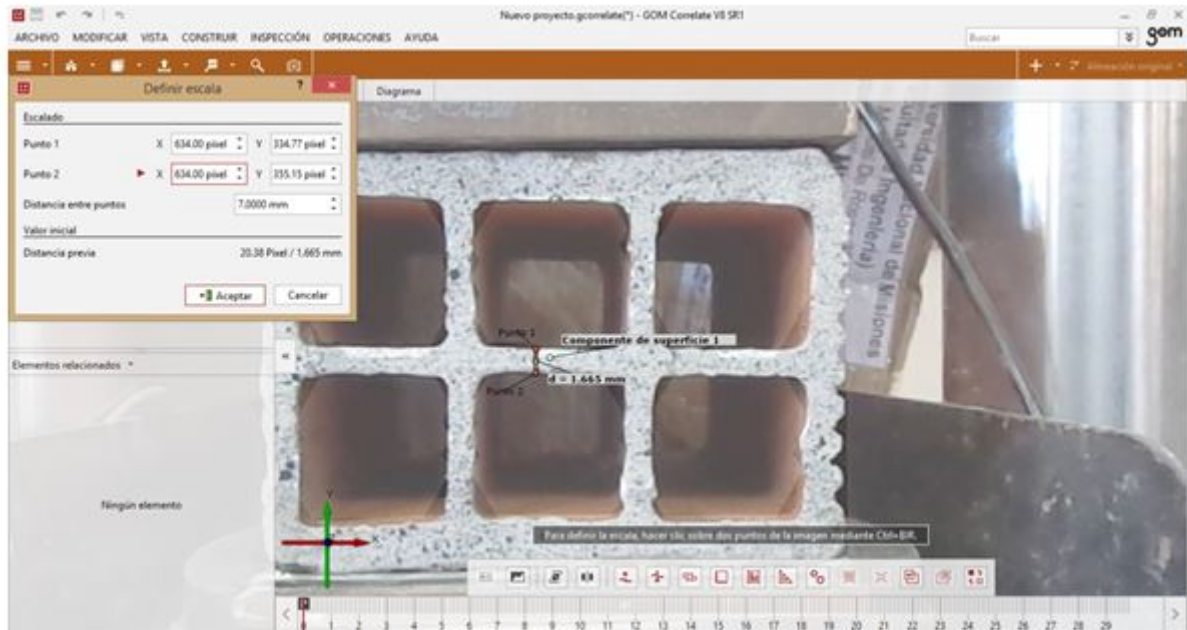


Figura 3 – Introducción de escala de referencia.

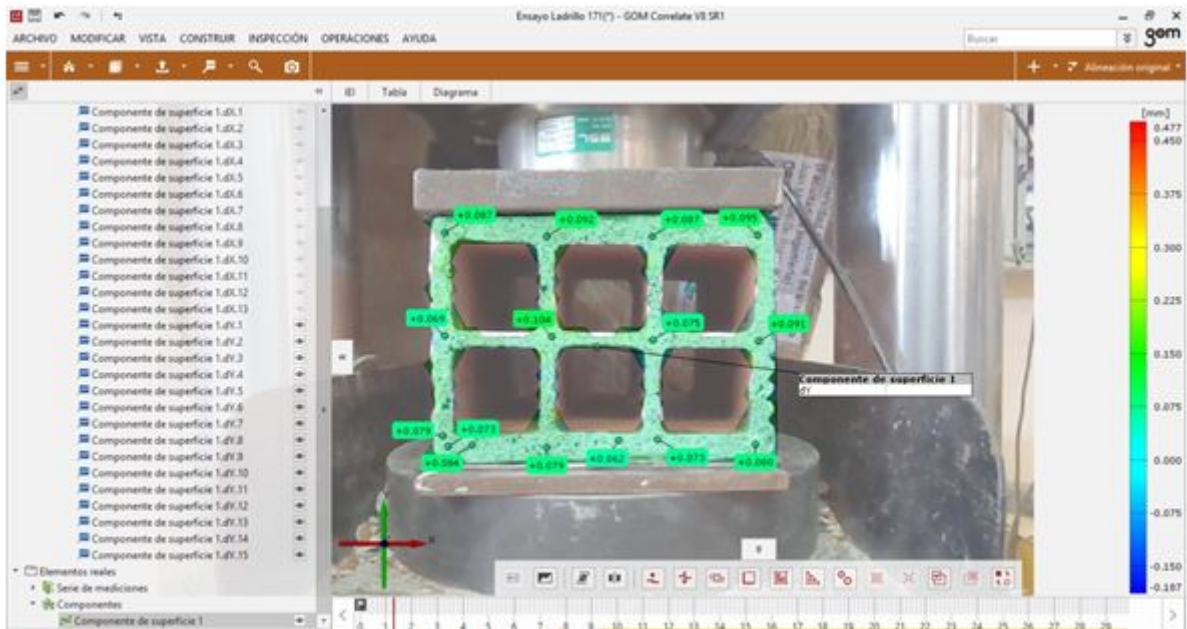


Figura 4 – Desplazamientos verticales y escala.

Estos desplazamientos se comparan con los que se registraron por medio del adquisidor de datos a través del flexímetro.

Cabe destacar que para que las mediciones sean comparables, se identificó en cada video el momento exacto en el cual la adquisidor comienza a registrar los datos de la celda de carga y del flexímetro.

Resultados y Discusión

Con el software se pueden obtener los desplazamientos en cualquier punto de la superficie del ladrillo, pero para poder contrastar estos valores con los del adquisidor de datos se toma como punto de comparación la deformación en la esquina del ladrillo que se encuentra más cercana al flexímetro como se muestra en la figura 5.

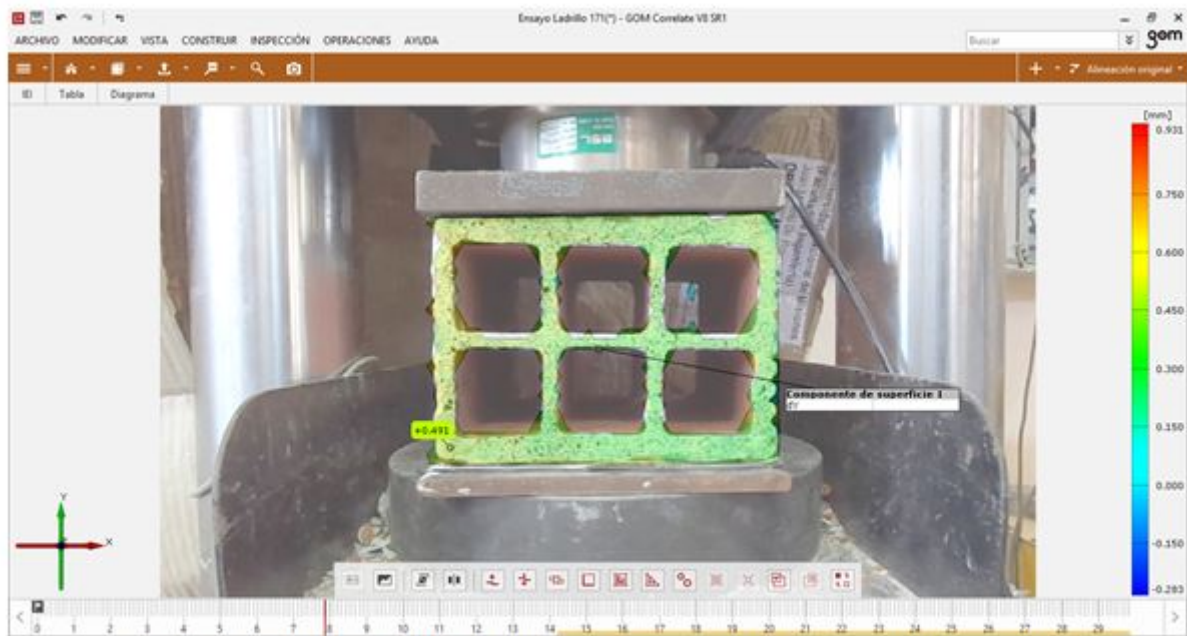


Figura 5 – Obtención del desplazamiento vertical según software GOM.



En la tabla que se muestra más adelante se pueden ver, para uno de los ensayos y para cada segundo de grabación, el desplazamiento en la dirección vertical del punto mencionado, como así también los valores de carga y desplazamiento arrojados por el adquisidor de datos. Además se muestra la baja diferencia porcentual entre los guarismos obtenidos por los dos métodos de medición para cada segundo de ensayo, haciendo notar el promedio de 8% para el caso mostrado. También se muestra la curva correspondiente a estos datos, donde la carga (Kg) se representa en el eje de las ordenadas y el desplazamiento (mm) en el eje de las abscisas. En un mismo gráfico se pueden ver las curvas correspondientes a ambos métodos de medición, y comparándolas se observa que se tratan de rectas prácticamente paralelas.

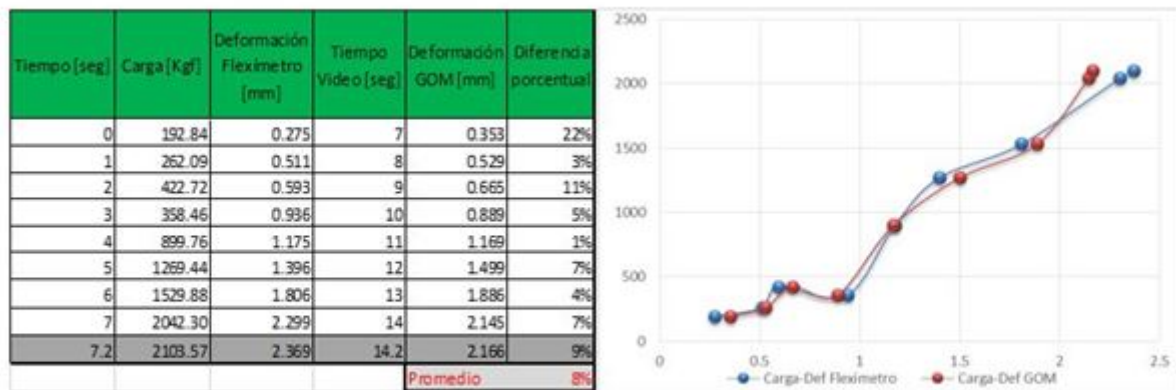


Figura 6 – Tabla y curva correspondientes al primer ensayo.

Toda la información procesada como se explica más arriba es exhibida en la FIGURA 7 por medio de las curvas correspondientes de cada ensayo.

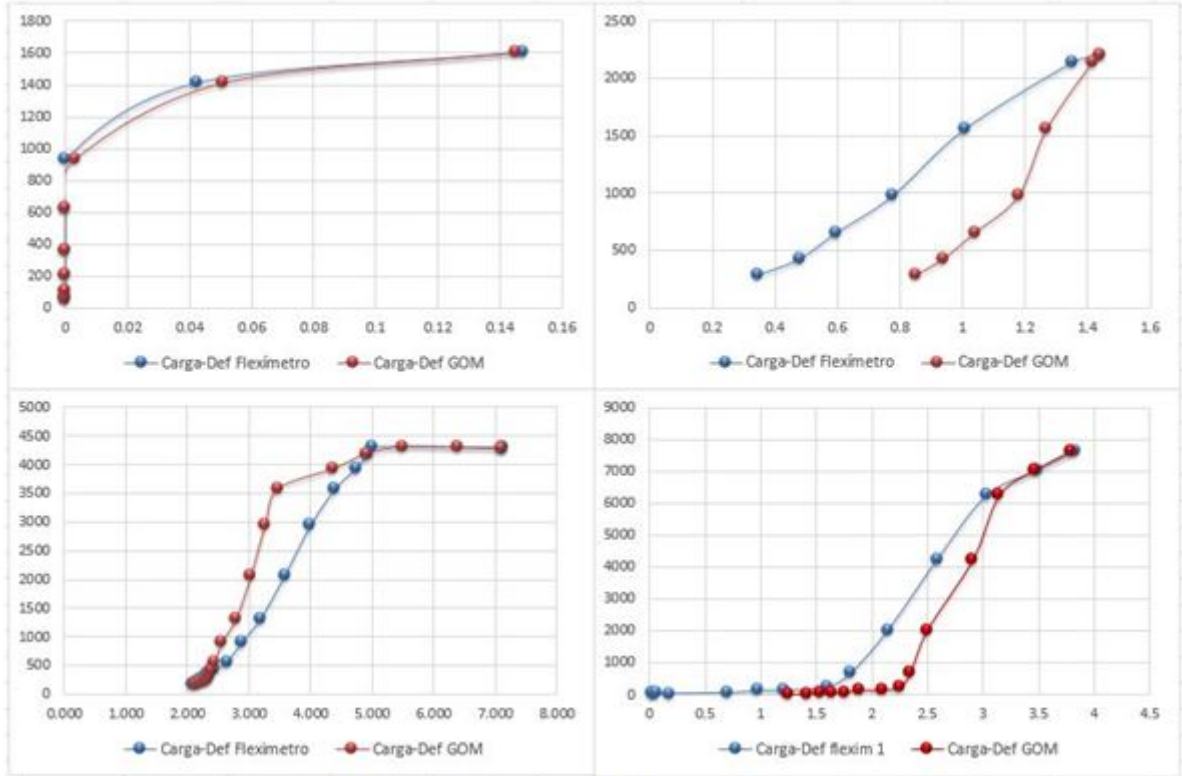


Figura 7 – Curvas de diferentes ensayos.

Conclusiones

La baja diferencia promedio entre los dos métodos de medición indica que con algunos ajustes se pueden medir las deformaciones con el uso del software GOM-correlate. Además se destaca que las curvas Carga vs Desplazamiento de ambos métodos son prácticamente paralelas, lo que hace pensar que la diferencia entre ambas se debe a un error al momento de definir el inicio cada medición.

Si bien las comparaciones se realizan midiendo la deformación en un solo punto, el hecho de que exista consistencia entre los dos métodos permite asumir que las deformaciones arrojadas por el software en los demás puntos del ladrillo también pueden tomarse como válidos, por lo que tenemos el mapa de deformaciones completo en la dirección vertical. Del mismo modo, se pueden tener las deformaciones en la dirección horizontal, por más que no se haya efectuado la medición con flexímetros.



Se concluye que a pesar de que los ensayos realizados no son suficientes para validar el uso del software, sirven como base para una validación futura ya que muestran consistencia entre el método de medición tradicional y el de correlación de imágenes digitales.

Referencias

- Julian Ajith Thamboo, Manicka Dhanasekar, Cheng Yan. Flexural and shear bond characteristics of thin layer polymer cement mortared concrete masonry. *Construction and Building Materials*, 46 (2013), 104-113.
- Xiangjun Dai, Fujun Yang, Zhenning Chen, Xinxing Shao, Xiaoyuan He. Strain field estimation based on digital image correlation and radial basis function. *Optics and Lasers in Engineering*, 65 (2015), 64-72.
- Yue Gao, Teng Cheng, Yong Su, Xiaohai Xu, Yong Zhang, Qingchuan Zhang. High-efficiency and high-accuracy digital image correlation for three-dimensional measurement. *Optics and Lasers in Engineering*, 65 (2015), 73-80.
- Huu-Luyen Nghiem, Marwan Al Heib, Fabrice Emeriault. Method based on digital image correlation for damage assessment in masonry structures, *Engineering Structures*, 86 (2015), 1-15.
- López-Alba E, López-García R, Dorado R, Díaz F. A. (2012). Aplicación de correlación digital de imágenes para el análisis de problemas de contacto. XIX Congreso Nacional De Ingeniería Mecánica. ISSN-0212-5072. Asociación Española de Ingeniería Mecánica. Castellón, España.
- F.M. Sánchez- Arévalo, G. Pulos. Use of digital image correlation to determine the mechanical behavior of materials, *Materials Characterization* 53, (2008), 1572-1579
- M.A. Sutton, J.H. Yan, V. Tiwari, H.W. Schreier, J.J. Orteu. The effect of out-of-plane motion on 2D and 3D digital image correlation measurements. *Optics and Lasers in Engineering*, 46 (2008), 746-757.