

# Prototipo para medición de resistencia de productos de industria alfarera

## *Prototype for measuring resistance of pottery industry products*

Neira Tavera, Jorge Alberto<sup>1</sup>, Peña Perea, Sergio Andrés<sup>2</sup>, Gamboa Contreras, Wilson<sup>3</sup>

Fundación Universitaria de San Gil, UNISANGIL  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería  
San Gil, Colombia

jorgeneira@unisangil.edu.co  
spena@unisangil.edu.co  
wgamboa@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: noviembre 18 de 2024  
Fecha de aceptación: diciembre 16 de 2024

**Resumen** — Esta investigación plantea el desarrollo de un dispositivo para la medición de resistencia de productos de la industria alfarera, para la empresa “Ladrillera Versalles de Ramírez hermanos LTDA”, empresa con amplia trayectoria en la fabricación de material de alfarería para construcción. El proceso de diseño es optimizado mediante el uso previo de la simulación en la fase de diseño de concepto, con el fin de probar tanto los materiales, así como también aspectos físicos de la estructura de soporte del sistema de prensa hidráulica. El equipo final logra su cometido y demuestra ser fiable para la actividad requerida.

**Palabras clave**— Prensa hidráulica, medición de resistencia, industria alfarera, simulación de cargas.

**Abstract** - This research proposes the development of a device for measuring the resistance of products from the pottery industry, for the company “Ladrillera Versalles de Ramírez Hermanos LTDA”, a company with extensive experience in the manufacture of pottery material for construction. The design process is optimized by prior use of simulation in the concept design phase, in order to test both the materials as well as physical aspects of the support structure of the hydraulic press system. The final equipment achieves its mission and proves to be reliable for the required activity.

**Keywords** - hydraulic press, resistance measurement, pottery industry, force simulation.

<sup>1</sup> Ingeniero de mantenimiento, UNISANGIL, Estudiante doctorado en ingeniería, UNAB, Investigador grupo IDENTUS, UNISANGIL.

<sup>2</sup> Ingeniero sanitario y ambiental, Magíster en recursos energéticos, Docente – Investigador grupo GEASID, UNISANGIL.

<sup>3</sup> Ingeniero electrónico, Magíster en gestión de la ciencia, tecnología e innovación; Investigador grupo IDENTUS, UNISANGIL.

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades comerciales de mayor impacto social y económico en Santander, es la construcción. Según cifras del balance del sector de la construcción en Santander, son 23 empresas dedicadas a la producción y transformación de insumos y materias primas para la actividad, según cifras de la Cámara de Comercio de Bucaramanga.

La industria ha venido emprendiendo mejoras sustanciales para mejorar la calidad del producto final y cumplir con las normas de sismo-resistencia y de construcción sostenible. Razón por la cual se hace indispensable la aplicación de nuevas tecnologías que permitan la realización de pruebas de calidad con el fin de mejorar continuamente el producto.

Diversas han sido las investigaciones y los desarrollos tecnológicos relacionados con la resistencia de material para la industria de la construcción. Se puede evidenciar el caso de la medición de resistencia de ladrillo artesanal mezclados con cemento portland, con lo cual se puede reducir el impacto en la calidad del aire [1].

También se han realizado aportes a la temática como los expuestos en un estudio en el que construyó un prototipo de máquina para ensayos de resistencia de materiales, estudiando las diferentes alternativas para el tipo de accionamiento y de estructura que presentan los equipos especializados en este tipo de ensayos [2].

Los equipos utilizados deben cumplir con normas como las ASTM, para la realización de ensayos de tensión, compresión y flexión., así como también, el material utilizado debe cumplir con normatividad anti sísmica y de construcción aplicados en cada país.

Es importante conocer las propiedades mecánicas de las piezas y productos sometidas a distintos tipos de cargas y esfuerzos, para ello es necesario aplicar diferentes métodos de ensayo destructivo. Se recalca la importancia de estos ensayos durante los procesos de diseño y fabricación de piezas y productos finales para determinar con mayor fiabilidad las propiedades de la materia prima y mejorar los procesos de producción [3].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El prototipo de análisis de resistencia de productos finales de la industria alfarera fue desarrollado mediante metodología RtD (Research Technical Development) con procesos de simulación y validación preconceptual. El diseño del prototipo fue soportado mediante simulación de torsión estática, para definir materiales y puntos clave de esfuerzo a la hora de construir la versión final.

El modelo estructural fue probado mediante simulación de cargas de tensión axial y de flexión en el límite superior, mediante el uso del programa Solid Works V. 2022 aplicando una fuerza de 40 toneladas o 3992266 Newtons y evaluando deformaciones del material, aplicando dos análisis de elementos finitos (Von Mises, URES) para determinar factores de deformación elástica y de desplazamiento del material [4].

El análisis de elementos finitos por esfuerzo de Von Mises es un valor que combina los tres componentes principales de los esfuerzos (axial, tangencial y radial) en un punto dentro de un cuerpo sometido a carga [5]. Este esfuerzo se usa para predecir si un material se deformará plásticamente o fallará bajo un estado general de esfuerzos tridimensionales y establece que la falla por deformación plástica ocurre cuando la energía de distorsión en un material bajo carga alcanza el mismo nivel que la energía de distorsión cuando el material falla en una prueba de tensión uniaxial, es expresada mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

Donde:

$\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  son los esfuerzos principales en las tres direcciones ortogonales.

Si el valor del esfuerzo de Von Mises en un punto es mayor que el límite elástico del material, el material comenzará a sufrir deformación plástica, este análisis ayuda a evaluar si un componente puede soportar las cargas aplicadas sin fallar o deformarse permanentemente.

El análisis estático de elementos finitos URES hace referencia al "Desplazamiento Resultante", que significa el desplazamiento total de un punto en el modelo como resultado de las cargas aplicadas, siendo la magnitud del desplazamiento total que experimenta un punto en una estructura o componente bajo carga. Este valor incluye los desplazamientos en todas las direcciones del espacio. En un análisis tridimensional, un punto puede desplazarse en los ejes X, Y, y Z, y el desplazamiento total es la magnitud de la combinación de estos desplazamientos individuales, es expresado mediante la siguiente ecuación:

$$URES = \sqrt{(U_x^2 + U_y^2 + U_z^2)}$$

Donde:

$U_x$ ,  $U_y$ ,  $U_z$  son los desplazamientos en las direcciones X, Y, Z respectivamente.

El análisis URES muestra cuánto se ha deformado o desplazado un punto dentro de una estructura cuando se aplica una carga, siendo útil para identificar las zonas donde una estructura experimenta los mayores desplazamientos, que pueden ser indicativos de deformaciones excesivas o problemas de diseño, si el valor de URES excede los límites permisibles, puede indicar un riesgo de fallo o deformación inaceptable en la estructura, siendo una medida clave en un análisis estático para evaluar cómo se deforman los componentes bajo la acción de las cargas.

Una vez la parte estructural del prototipo obtiene unos resultados favorables y permisibles en los análisis de simulación, se procede a la realización del diseño a detalle del equipo para su posterior fabricación.

### III. RESULTADOS

El prototipo objeto de diseño, será desarrollado hasta un nivel de maduración tecnológica TRL-6, siendo una versión a escala semi-industrial probada en entorno relevante.

El prototipo será puesto en marcha con productos de carácter estructural (ladrillo tolete para muro y bloques No. 10 y 12), de la empresa beneficiaria “Ladrillera Versalles de Ramírez hermanos LTDA”, por lo cual el diseño debe ser acorde a las dimensiones de estos productos, contemplando adicionalmente los espacios disponibles en el interior de la empresa para la puesta en marcha del equipo.

Teniendo claros los parámetros de diseño se hace la selección del material a utilizar para la fabricación del equipo, encontrando que el acero A36 es el material más usado para la fabricación de equipos de pruebas de resistencia de materiales, debido a su límite elástico de  $2.5 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> lo cual le da un margen más amplio de aplicación de fuerzas.

Se plantea un diseño estructural el cual se puede apreciar en la figura 1.

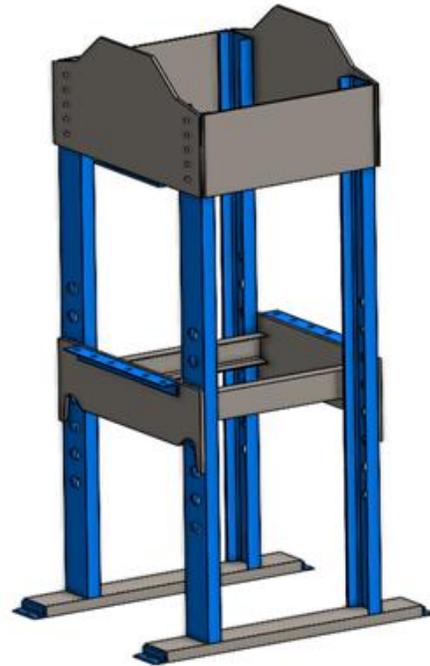


Fig. 1. Diseño estructural del equipo de medición de resistencia de materiales.

Una vez se tiene un diseño estructural se procede a realizar la simulación estática aplicando los modelos de elementos finitos de Von Mises (Figura 2) y URES (Figura 3).

Estos análisis permitirán una mejor comprensión del diseño de concepto y verificar el comportamiento de la estructura de soporte antes del diseño final.

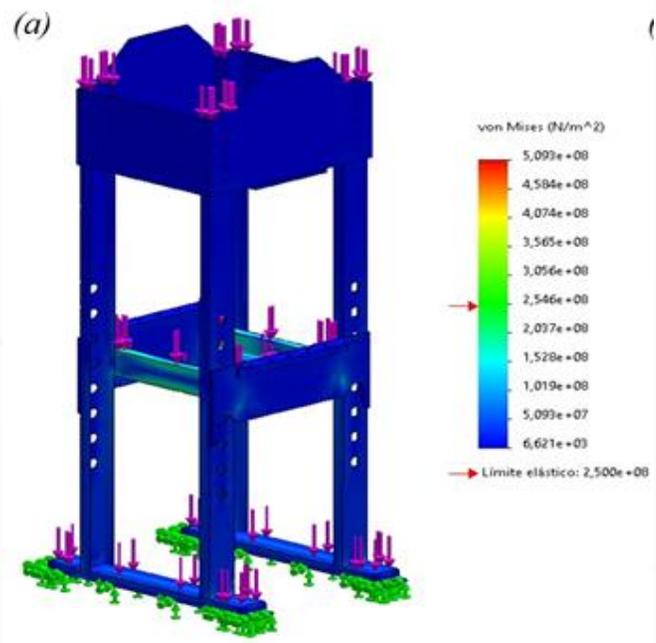


Fig. 2. Modelo de simulación estática con ecuación de Von Mises.

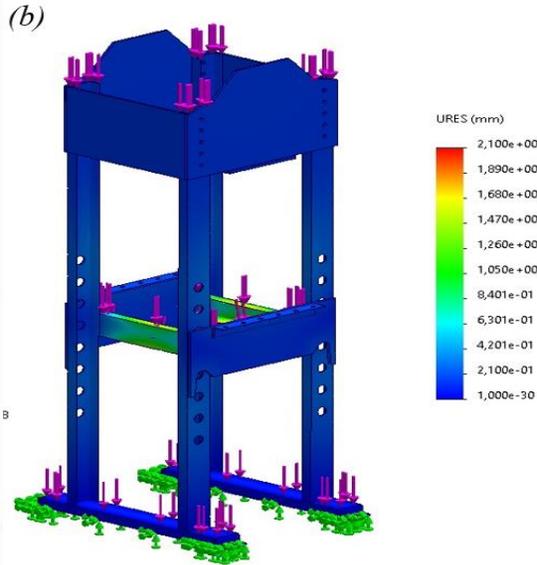


Fig. 3. Proceso de simulación con elementos finitos URES.

Con las simulaciones del modelo planteado, se pueden evidenciar resultados favorables para el diseño de concepto final, tanto el análisis de Von Mises al no superar el límite elástico del material al aplicar la fuerza de 40 toneladas, como también en el análisis URES al encontrar un desplazamiento permisible según la fuerza aplicada.

Tras conseguir resultados favorables en la etapa de simulación se procede al desarrollo de los planos a detalle para la construcción del prototipo.

Una vez se cuenta con los planos de detalle, se procede con el proceso de fabricación, haciendo énfasis en la búsqueda de resistencia final del sistema para unas 40 Toneladas. Se contrata a una empresa externa para el proceso de fabricación. La estructura de la prensa se puede observar en la Figura 4.



Fig. 4. Fabricación de la estructura del equipo final.

#### A. Pruebas de resistencia para validar funcionamiento del equipo

El equipo fue probado en las instalaciones de la planta de producción de la empresa Ladrillera Versalles, empresa que fue beneficiaria con el proyecto.

Se realizaron tres pruebas para verificación de resistencia inicial de producto final, Bloque para muro H-12 y Bloque estructural E-12.

Para el bloque H-12, se evidencia rotura parcial del bloque a una presión de 250 psi.

Para el caso del Bloque estructural E-12, en dos pruebas, se logró una resistencia antes de la rotura del bloque a los 400 psi y luego una resistencia de 500 psi (antes de rotura total).

La Figura 5 muestra una de las pruebas realizadas con el equipo, en la cual se evidencia un funcionamiento óptimo, así como practicidad y facilidad de uso para el usuario.



Fig. 5. Prueba realizada a un bloque estructural E-12.

Es importante el uso de plantillas tanto por encima como por debajo del ladrillo o bloque en cada prueba, ya que esto contribuye a distribuir la presión de manera uniforme sobre toda el área de contacto.

#### IV. CONCLUSIONES

El dispositivo diseñado para la medición de resistencia de productos alfareros, basado en el análisis de elementos finitos, ha demostrado ser estructuralmente viable. Los resultados del análisis de Von Mises indican que los esfuerzos generados bajo condiciones de carga previstas se mantienen dentro de los límites de seguridad del material utilizado en la construcción del dispositivo, evitando así deformaciones plásticas.

El análisis de desplazamiento resultante (URES) permitió identificar las áreas del dispositivo donde se producen los mayores desplazamientos bajo carga. Las deformaciones se mantuvieron dentro de un rango aceptable, lo que asegura que el dispositivo proporcionará mediciones precisas sin comprometer su integridad estructural o su capacidad para soportar los productos de la industria alfarera durante las pruebas.

La implementación del dispositivo en simulaciones estáticas ha demostrado su efectividad para medir la resistencia de los productos alfareros. El diseño optimizado y validado mediante los análisis de Von Mises y URES permite garantizar que las pruebas realizadas serán confiables y reproducibles, contribuyendo al control de calidad en la industria alfarera.

El equipo final resulta en una tecnología apropiada para la industria alfarera y para la industria de la construcción a nivel local y nacional. El equipo muestra una alta robustez y una alta aplicabilidad.

#### AGRADECIMIENTOS

El equipo de trabajo del proyecto agradece el apoyo y disposición de la empresa Ladrillera Versalles de Ramírez Hermanos LTDA. como empresa beneficiaria del proyecto y a la empresa IDIMCOL, por sus aportes y construcción de la estructura del equipo final.

#### REFERENCIAS

- [1] J. López-Muñoz, L. J. Espinoza-Pérez, and R. Guevara-Arróliga, "Estudio de la resistencia mecánica a la compresión de ladrillos elaborados a partir de mezclas arcilla roja-cemento Portland," *Nexo Revista Científica*, vol. 27, no. 2, pp. 90–98, 2014.
- [2] D. J. Durango, E. J. Herrera, and N. E. Otero, "Diseño, construcción y validación del prototipo de una máquina para ensayos de resistencia de materiales," *Ingeniería e Innovación*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [3] Y. Coras Muñoz, *Ensayos destructivos*, 2019.
- [4] American Institute of Steel Construction, *General Design Considerations*, 13th ed., Jul. 2006, pp. 3–13 (design of flexure member), pp. 4–10 (design of compression member).
- [5] J. A. Quijije Bailón and É. P. Briones Bermúdez, "Diseño y propuesta de construcción de una prensa hidráulica de 50 toneladas con un comando automático dentro de la carrera de Mecánica Naval," 2024.