

Herramientas CAD/CAE en la caracterización tecnológica del Patrimonio Histórico Industrial: Aplicación a una prensa de aceite de oliva

José Ignacio Rojas Sola¹, Miguel Castro García¹, M^a del Pilar Carranza Cañadas² y Francisco Javier Contreras Anguita¹

¹ Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos de la Universidad de Jaén. España

² Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática de la Universidad de Córdoba. España

Resumen

El olivo con su fruto, la aceituna, ha sido a lo largo de la historia un cultivo que por su importancia ha generado una extensa cultura a lo largo del mar Mediterráneo. Desde la época del antiguo Egipto hasta nuestros días, su transformación para el consumo de la aceituna, tanto de mesa como grasa vegetal, ha evolucionado de la mano de las técnicas coetáneas conocidas. En cuanto a la obtención de aceite de oliva, el prensado del fruto o de la pasta conseguida previa molienda, es un punto crítico dentro de su elaboración. Este proceso es el objetivo de la presente comunicación donde se presentará un análisis tecnológico de una prensa de aceite. Con ello, se espera alcanzar un mayor grado de profundidad de conocimiento de las técnicas empleadas en el sector del aceite de oliva.

Palabras Clave ACEITE DE OLIVA, PRENSA, PATRIMONIO HISTÓRICO INDUSTRIAL, INGENIERÍA ASISTIDA POR ORDENADOR

Abstract

The olive tree with its fruit, the olive, has been throughout history a culture whose importance has generated a widespread culture along the Mediterranean Sea. Since the days of ancient Egypt until today, its transformation to the consumption of olives, table olives or vegetable fat, has evolved hand in hand with contemporary techniques known. As for obtaining olive oil, fruit or the pressing of the pulp obtained after milling, is a critical point in its manufacture. This process is the goal of this communication which will present a technical analysis of an oil press. This is expected to achieve greater depth of knowledge of the techniques employed in the sector of olive oil.

Key words: OLIVE OIL, PRESS, HISTORICAL INDUSTRIAL HERITAGE, COMPUTER-AIDED ENGINEERING

1. Introducción

La importancia del aceite de oliva en el sector agroalimentario está fuera de toda duda, incluidos sus enormes beneficios para la salud. Siendo conscientes de la misma, las sociedades han realizado esfuerzos para obtener una mayor cantidad de aceite de forma mecánica y por ello, a lo largo de los siglos se han desarrollado numerosas invenciones y/o mejoras tecnológicas en torno a molinos y prensas de aceite de oliva.

Así pues, desde los procedimientos primitivos de obtención de aceite de oliva hasta las modernas almazaras, la evolución tecnológica de este ejemplo de patrimonio histórico industrial ha sido notable y ha venido siendo estudiada con técnicas de ingeniería clásica fundamentalmente desde el punto de vista de la ingeniería mecánica, principalmente variables como presiones y esfuerzos.

Asimismo, desde el punto de vista de la ingeniería gráfica han visto la luz numerosas publicaciones científicas relacionadas con

la temática [1, 2, 3] que han desarrollado aspectos de documentación geométrica 3D del modelo así como recreaciones virtuales.

Por otro lado, el estudio del patrimonio histórico industrial, como expresión del patrimonio cultural, es una disciplina que cada vez está cobrando mayor importancia, ya que los avances tecnológicos provocan que la tecnología quede desfasada en un corto período de tiempo.

Por consiguiente, la importancia de la presente comunicación radica en el estudio tecnológico, fundamentalmente de la presión ejercida sobre la masa de aceituna molida, de una prensa de aceite de oliva que ha tenido una gran relevancia histórica. Así pues, para llevar a cabo esta investigación es necesario recurrir a herramientas propias de la ingeniería gráfica como el Diseño Asistido por Ordenador (CAD, del inglés *Computer-Aided Design*), pero también de la Ingeniería Asistida por Ordenador (CAE, del inglés *Computer-Aided Engineering*).

Los resultados permitirán ofrecer una comparación entre las técnicas utilizadas desde la ingeniería clásica y las técnicas CAE

que incorporan el software de modelado paramétrico, y asimismo, también se podrían obtener resultados del tipo de análisis y de resistencia de materiales mediante el Análisis por Elementos Finitos (FEM, del inglés *Finite Elements Method*) de elementos funcionales.

2. Antecedentes

Uno de los objetivos de esta investigación es la obtención de modelos geométricos de los ejemplos históricos de molinos y prensas utilizados para la extracción del aceite de oliva.

En este recorrido histórico, las técnicas de prensado han evolucionado apoyadas en la evolución de la tecnología de la época, fundamentalmente en aspectos relacionados con la ingeniería mecánica, influyendo en el rendimiento graso obtenido, los costes económicos y la calidad del producto final.

Así pues, se han encontrado a lo largo de la historia distintas prensas de aceite de oliva que permiten diversas clasificaciones en función de la variable analizada, como puede ser la fuente de energía o el principio físico de funcionamiento, entre otras. Respecto a este último criterio, han existido diversas tipologías de prensas de aceite de oliva hasta mediados del siglo XIX como:

- Sistema Acapulco.
- Prensa Hidráulica de mecánica.
- Prensa Hidráulica por superficie.
- Prensa Hidráulica de sangre.
- Prensa Hidráulica a mano.
- Prensa de tornillo de Arquímedes.
- Prensa de husillo.
- Prensa por trinquete.
- Prensa cuerpo de bomba.
- Prensa directa por palanca.
- Prensa con eje excéntrico.

El caso objeto de estudio se ha centrado en una prensa de capilla o rincón, que pertenece al tipo de prensa de husillo, muy extendida en las almazaras históricas. Se trata de una prensa (Figura 1) compuesta por una base horizontal o regaifa, donde se situaban los capachos o discos filtrantes normalmente de esparto, que contenían la masa de aceituna molida previamente, y dos grandes husillos de madera que accionaban una plancha de madera o *tympana*, que era la que presionaba el cargo de capachos para extraer el aceite de oliva.

3. Representación gráfica

Para poder simular un modelo es necesario obtener previamente su modelo geométrico. Así pues, tras un trabajo de campo para la obtención de croquis acotados de los diferentes elementos de la prensa, se procesó con el objetivo de conseguir un modelo geométrico 3D fidedigno (Figura 2).

Como aspecto a destacar, el modelado posee la característica del empleo de una geometría parametrizable, es decir, que es susceptible de ser modificado, sólo ciertos elementos o en el conjunto en su globalidad, permitiendo un escenario de cálculo mucho más amplio.



Figura 1. Prensa de capilla (Museo de la cultura del olivo en la Hacienda la Laguna (Puente del Obispo, Baeza, Jaén)).

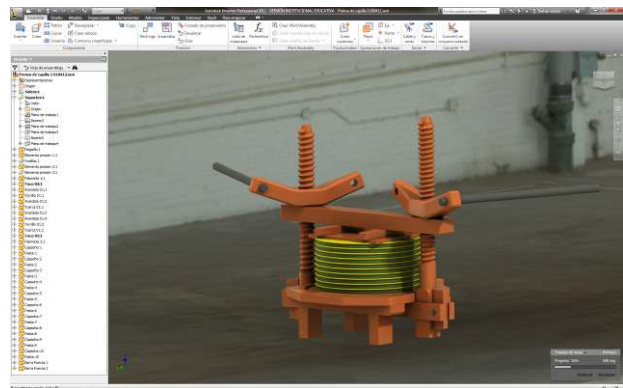


Figura 2. Modelo geométrico paramétrico 3D.

4. Análisis tecnológico

El análisis tecnológico realizado en esta comunicación se apoya en dos estudios.

En primer lugar se le confiere al modelo geométrico obtenido unas características de unión entre elementos y fuerzas. Con ello, se obtendrá un estudio dinámico del conjunto. A continuación, se ensayan mediante el método de elementos finitos, las distintas posiciones críticas que adquiere la prensa en un ciclo de trabajo, permitiendo estudiar el estado de tensiones o la deformación, entre otros factores.

4.1. Simulación dinámica

El estudio dinámico tiene por objeto comprobar el correcto funcionamiento de la geometría y obtener los parámetros de trabajo dinámico como fuerzas, momentos, desplazamientos o velocidades entre otras, en distintas partes de la prensa, con especial interés en las superficies de interacción entre dos elementos.

No obstante, es necesario definir las uniones entre elementos desde el punto de vista mecánico, así como el movimiento y las fuerzas intervinientes, y los esfuerzos exteriores aplicada a la prensa de aceite, como son los vectores de fuerza de 150 N en los extremos de las barras accionadoras mediante el giro de las palometas y la fuerza de la gravedad (Figura 3). Con ello, se puede realizar la simulación dinámica en una situación concreta de la realidad.

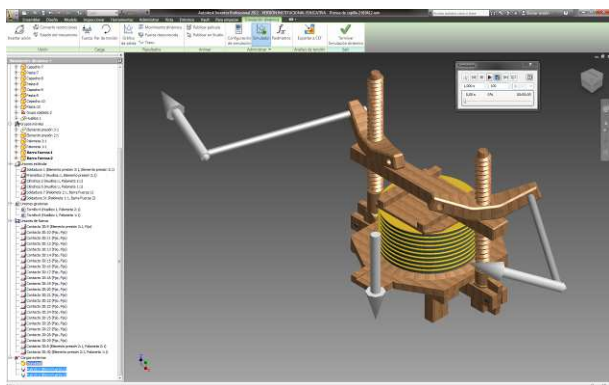


Figura 3. Simulación dinámica de funcionamiento de la prensa de capilla.

4.2. Análisis de tensiones

En este apartado se realiza el análisis de tensiones producido en condiciones de trabajo de la prensa de capilla. En especial, la distribución y la máxima tensión de Von Mises [4] cobran una gran importancia al ofrecer una herramienta de estudio de las presiones que se producen en la pasta de aceite.

Para ello, es necesario recurrir a la ecuación que determina la teoría de la energía de distorsión máxima:

$$\sigma = \{[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2]/2\}^{(1/2)}$$

donde σ es la tensión de Von Mises y $[\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z]$ son las tensiones principales del sistema.

Sin embargo, esta metodología se aplica de forma discreta al modelo. En consecuencia, es necesario discretizar la superficie de cada uno de los elementos que intervienen en la simulación por medio del mallado.

Así pues, el cálculo de la energía se realizará en los nodos de los que se componen este mallado, habiéndose seleccionado para este caso, un mallado con tetraedros con un tamaño medio de elemento de 0,1 y mínimo de 0,2. El resultado del proceso de mallado se muestra en la Figura 4.

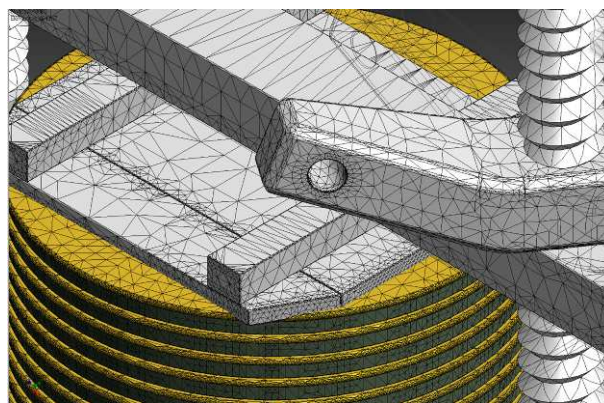


Figura 4. Proceso de mallado con tetraedros de la prensa de capilla.

Además, es necesario dotar a la modelo geométrico 3D de la prensa de capilla de ciertas propiedades físicas. Así por ejemplo, se debe asignar a cada elemento el material adecuado, como son madera de roble, hierro, tejido de esparto y cuerpo viscoso (pasta de aceite). Otro aspecto físico a definir es la unión mecánica que posee cada elemento, donde se deberá considerar el rozamiento como parámetro a destacar.

Asimismo, se han considerado para el estudio, fuerzas aplicadas sobre las barras con módulo de 150 N, así como la acción de la gravedad.

5. Resultados y discusión

Como resultados del análisis tecnológico, se presenta dos figuras. En la Figura 5, se aprecian tres curvas que representan la fuerza producida a lo largo de un segundo de simulación en los siguientes casos:

- Los esfuerzos exteriores (fuerza aplicada).
- Los esfuerzos en las superficies de contacto de la barra accionadora con la palometa.

- Los esfuerzos en la plancha de madera respecto a la superficie del capacho superior (cabeza de presión).

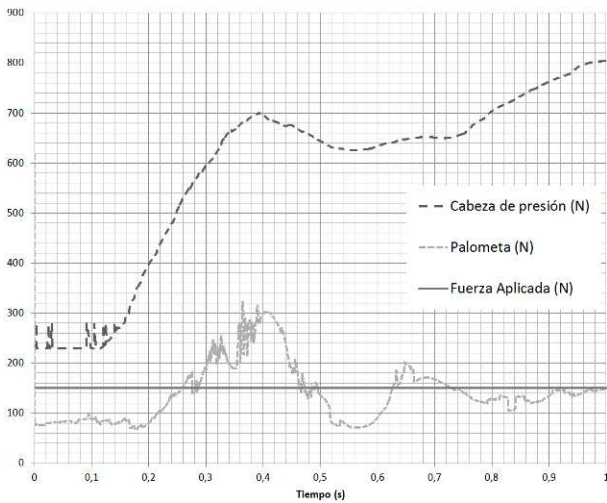


Figura 5. Diagrama de fuerzas en tres contactos de superficies de la prensa de capilla.

Por otra parte, se muestra la distribución de la tensión de Von Mises (Figura 6). En concreto, se observa un instante en el tiempo de simulación donde una de las dos palometas de apriete contribuye más apreciablemente a la presión del cargo de pasta de aceite.

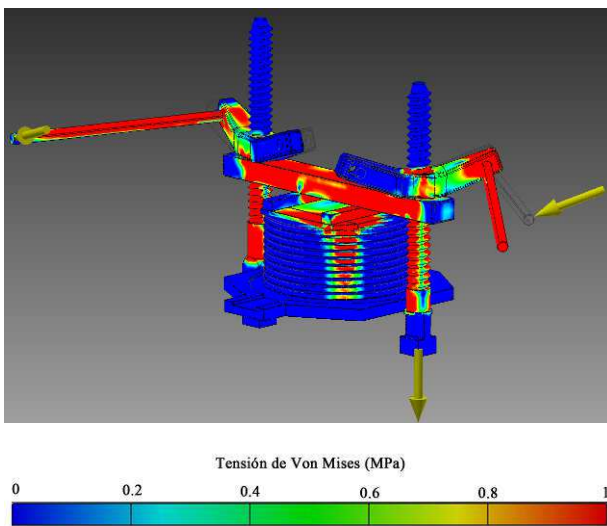


Figura 6. Representación de la tensión de Von Mises en la prensa de capilla.

6. Conclusiones

En primer lugar, respecto a la simulación dinámica se observa cómo contribuye la acción simultánea de las dos palometas cuando están comprimiendo a la plancha de madera de la prensa de capilla. Gracias a esta simultaneidad, la fuerza en la unión con el primer capacho respecto a la cabeza de presión es de 800 N, considerando un esfuerzo exterior inicial de 150 N previamente comentado.

Por otro lado, la acción cíclica de la barra accionadora con la palometa de apriete de la plancha de madera muestra que efectivamente ésta puede ser uno de los elementos con mayor desgaste por estrés dentro de la prensa de capilla.

En cuanto al análisis de la tensión de Von Mises, la representación gráfica muestra la distribución existente en el cargo de capachos formado. Como se comentó anteriormente, se aprecia un momento donde una de la palometas de apriete tiene una mayor presencia que la otra, provocando una distribución desigual de presiones en el cargo. Además, la presión ejercida sobre el cargo asciende a unos 2 MPa, que se reparte de forma progresiva a lo largo de toda la altura del cargo.

Por último, si se compara la prensa de capilla con las primeras prensas hidráulicas empleadas en el sector del aceite de oliva, se observa que la presión ejercida es 100 veces menor.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido realizada en el seno del Proyecto de Investigación titulado “Las técnicas infográficas y la ingeniería industrial como apoyo de la historia de la tecnología convertida en herramienta museográfica para Centros de Interpretación y Museos del Aceite de oliva” (HAR2009-06943) concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España, así como al programa FPU del Ministerio de Educación.



Bibliografía

- [1] ROJAS SOLA, José Ignacio (2005): “Ancient technology and Computer-Aided Design: olive oil production in Southern Spain”, en *Interdisciplinary Science Reviews*, n° 30(1), pp. 59-67.
- [2] ROJAS SOLA, José Ignacio y RAMÍREZ ARRAZOLA, Carlos (2011): “Engineering graphics applied to the study of old methods of olive oil production”, en *Scientific Research and Essays*, n° 6(11), pp. 2379-2388.
- [3] ROJAS SOLA, José Ignacio y CASTRO GARCÍA, Miguel (2011): “Overview of the treatment of historical industrial heritage in engineering graphics”, en *Scientific Research and Essays*, n° 6(29), pp. 6717-6729.
- [4] VON MISES, Richard Edler (1928): “Mechanik der plastischen formänderung der kristallen”, en *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, n° 8, pp. 85-161.