Caracterización de resistencia de las cuchillas centrales para molinos azucareros.

J. Hernández de la Torre, A. García Domínguez, E. Nápoles Padrón.
Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Camagüey.
Circunvalación Norte. Km. 5½ . Camagüey Cuba. Teléfono: 261019.
E-mail: jht@reduc.cmw.edu.cu

Resumen

El presente trabajo trata acerca de un análisis tensional y deformacional de la cuchilla central del primer molino del Complejo Agroindustrial (CAI) "Venezuela", con el objetivo de crear bases para una futura optimización del diseño y encontrar el material idóneo que responda a las exigencias de fabricación y explotación de dicha pieza, con el mínimo de costos fabriles. Para tal fin se han empleado técnicas de avanzada para el análisis de las referidas piezas, a través de métodos numéricos, empleando el Paquete de Programas "COSMOS", el cual brinda la posibilidad de obtener resultados en forma de tablas y gráficos, que ilustran visualmente las zonas más tensionadas de la pieza, facilitando su localización. Asimismo, se utiliza un modelo que facilita la resolución del problema con el empleo de las correspondientes ecuaciones matemáticas. Finamente, los autores ofrecen recomendaciones para un futuro estudio del desgaste y la optimización del peso y del volumen de la pieza que fue sometida a la investigación.

.

Palabras claves: Cuchilla central, molinos azucareros, método de elementos finitos.

1. Introducción.

La industria azucarera cubana se enfrenta cada día a la necesidad de contar con mayores exigencias en las condiciones de trabajo de sus equipos y piezas, especialmente aquéllas que forman parte de los molinos azucareros. Resulta de especial interés el aumento de la durabilidad de las piezas que se encuentran sometidas a diversas condiciones de desgaste, en particular las cuchillas centrales. Es importante también adentrarse en el análisis de las condiciones de trabajo de dichos elementos, sus características geométricas, así como los materiales que sirven para su elaboración. Sólo así se contará con una información preliminar que abra senderos a los investigadores para futuros análisis ingenieriles. De tal modo, el presente trabajo tiene como objetivo realizar un estudio tensional y deformacional de la cuchilla central empleada en el primer molino del CAI "Venezuela", en la provincia de Ciego de Ávila. Se parte de la idea de que la utilización de los métodos numéricos en el análisis tensional y deformacional de elementos estructurales complejos, permitirá una mayor exactitud en magnitud y localización de tensiones, desplazamientos y deformaciones.

Así, pues, se abordan aspectos de interés para el análisis de molinos y se describe la realización del estudio tensional y deformacional, realizado con la utilización del modelo representativo de una sección de la cuchilla central. Por último, se ofrecen los resultados obtenidos, sus interpretaciones, así como valoraciones finales para posteriores estudios de desgaste y de optimización de la pieza que fue objeto de la investigación.

2. Análisis tensional y deformacional de la cuchilla central del Molino #1 del CAI "Venezuela".

Se conoce que en los aspectos de ingeniería mecánica relacionados con el diseño mecánico estructural, el problema consiste en estudiar las tensiones y deformaciones que ocurren en el interior de un elemento estructural (piezas con geometría y sistemas de cargas complejas) o en la sucesión de cuerpos o elementos estructurales (bloque de un motor, piezas para molinos azucareros, etc.). Estos problemas están originados por acciones externas, dinámicas o estáticas o las combinaciones de ambas. Según sea el tipo de problema (tipo de estructura o elemento, geometría de la misma, material del que está constituido, grado de conocimientos que se desea tener sobre ella), existirán diferentes caminos para resolverlo, para encontrar el estado tensional y deformacional en distintos puntos del interior del elemento. Para ello se puede recurrir a la teoría elástica, plástica o elastoplástica. Cualquiera que sea la vía a seguir para solucionar este problema se

© 2003 – Ediciones MECANICA

encuentra la presencia de una formulación matemática muy compleja que se deriva del comportamiento real del elemento. Debido a esto en las ciencias relacionadas con la Resistencia de los Materiales y en ella misma surgió un conjunto de hipótesis simplificadas sobre el problema real, obteniéndose resultados satisfactorios en algunos casos y en otros no fueron satisfactorios.

Teniendo en cuenta todo lo planteado se puede sintetizar que un problema estructural en particular (o sea de análisis de tensiones y deformaciones) puede ser resuelto a través de tres formas [9]:

En su formulación original, a través de una complicada forma diferencial, siguiendo una integración directa.

Mediante una formulación simplificada, utilizando una hipótesis que logre hacer el problema más sencillo, pero sin que los resultados se alejen mucho de los valores más exactos.

Mediante problemas de discretización. Los mismos pueden ser afrontados de dos maneras diferentes:

- Discretización de la ecuación diferencial.
  - Método de las diferencias finitas
  - Métodos residuales

- Discretización de dominios.
  - Método de Rayleigh - Ritz
  - Método de los elementos finitos

La forma actual más simple y más usada para resolver estos problemas son estos métodos numéricos. Precisamente resulta más usado el Método de los Elementos Finitos (M.E.F).]

1.1 Justificación del uso del Método de Elementos Finitos.

Ante todo, los autores consideran necesario, para justificar su selección, destacar que este método se aplica en muchas instituciones como una técnica numérica para el análisis tensional y deformacional. Sin embargo se ha incrementado el uso de este enfoque en diferentes ramas de la ingeniería en los últimos años. Este incremento se ha logrado gracias al desarrollo de programas o softwares que utilizan precisamente este método para lograr agilidad, sencillez, exactitud y visualización gráfica de los resultados obtenidos.

En virtud del problema que se investiga, relacionado con la poca durabilidad de importantes piezas de repuesto de los molinos azucareros cubanos, que tantas interrupciones han provocado en la zafra y en las propias instalaciones fabriles; se ha decidido prestar especial atención a una de esas piezas: ***las cuchillas centrales*****.** Este tipo de pieza presenta un diseño de gran complejidad geométrica y gran volumen. Está sometida además a severas condiciones de explotación que obligan a escoger un método de análisis matemático que satisfaga el estudio de un cuerpo con características geométricas y condiciones de trabajo muy específicas, que se alejan del marco de los enfoques convencionales de la Resistencia de Materiales. Por tal motivo, se escogió el Paquete de Programas “COSMOS” y el Software GEOSTAR para el referido análisis tensional y deformacional de la cuchilla central.

1.2 Análisis de la estructura de la cuchilla central mediante el Método de Elementos Finitos.

El objeto de estudio del presente trabajo es la cuchilla central del primer molino del Complejo Agroindustrial ”Venezuela”, (Figura. 1) ubicado al sur de la provincia de Ciego de Avila.

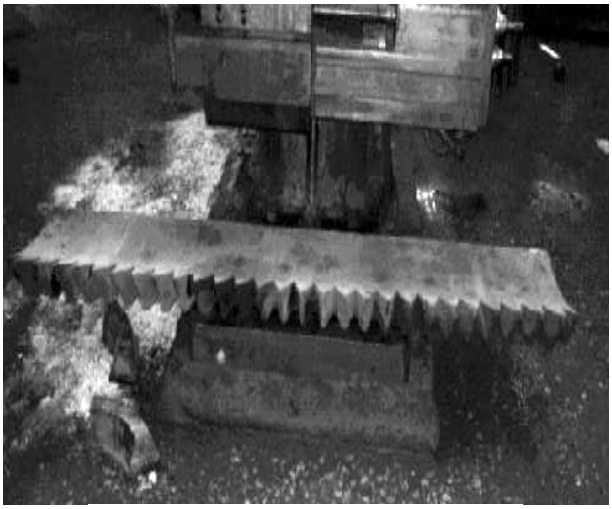

Figura. 1 Foto de una cuchilla central.

Las cuchillas centrales presentan estructuras tridimensionales complejas, para las cuales no existe hasta el momento un método analítico exacto de análisis tensional y deformacional. Las técnicas de modelación han sido ampliamente empleadas, tanto para el análisis estático como para el dinámico. No obstante estas técnicas tienen también alguna limitación, como por ejemplo poca exactitud y un gran consumo de tiempo. El desarrollo de modernas computadoras ha convertido al Método de Elementos Finitos en una poderosa herramienta para el análisis de tan complicadas estructuras. Para el análisis estructural se ha desarrollado un conjunto de programas de M.E.F. con propósitos generales. En este trabajo se presenta un análisis de la estructura de la cuchilla central del primer molino del “CAI Venezuela”, con el objetivo de estudiar las tensiones, deformaciones y desplazamientos que tienen lugar en esta pieza durante el funcionamiento del molino (para valorar un rediseño de esta pieza) cuyos resultados se presentan en este informe. Finalmente se

sugieren, como resultado de este estudio, determinados mejoramientos en la estructura de la cuchilla central.

El modelo de la cuchilla central (Figura.2) se construyó teniendo en cuenta las cargas y condiciones limites de la misma, debido a que las características de su geometría permite que sea fraccionada en componentes iguales que responden de modo específico a las condiciones generales de carga y de la forma de sujeción de la pieza. Con el modelo realizado se reduce en gran medida la complejidad del análisis matemático, proporcionando los resultados de una forma más rápida y con igual exactitud que si se modelara todo el volumen de la cuchilla central. Se plantea, pues, el uso preferente del M.E.F. porque este permite una semejanza más estrecha entre el modelo y la pieza real.

Resulta recomendable en la práctica que el análisis de diseño sea comprensivo y aporte un mínimo de costos y de tiempo. El uso de análisis de diseño computarizado reduce el tiempo destinado al diseño óptimo de la estructura de una pieza, a la vez que el costo de un trabajo asistido por computadoras hace que este análisis sea una forma idónea para cualquier diseñador industrial. Para obtener resultados con precisión y fiabilidad aceptables, se hace necesario contar con un mallado fino de elementos finitos. En el presente trabajo se ha utilizando el tetraedro 4.

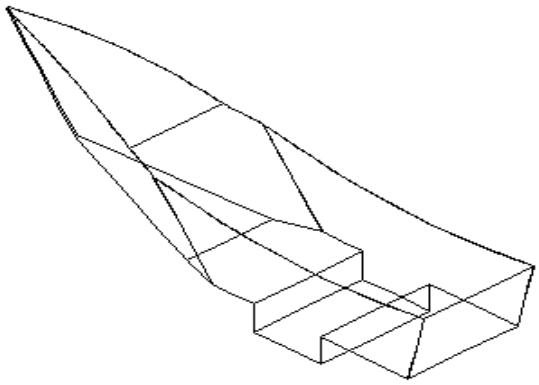

Figura. 2 Modelo para el análisis de la cuchilla central.

2.2.1 Descripción del mallado utilizado.

Para este estudio, se ha utilizado el mallado automático tridimensional, que permite trabajar de manera sistemática y conveniente con la entidad geométrica que ofrece GEOSTAR específicamente la denominada PART, que es una entidad volumétrica sólida. La misma permite un procedimiento muy simple y directo, puesto que se exige solamente construir la geometría, definirla como un sólido y utilizar las correspondientes órdenes de mallado. Por otra parte la cantidad de nodos generados depende del tipo de tetraedro que se va a crear. De tal modo, si se especifica una orden para el ordenamiento mediante el comando PART existirán cuatro nodos generados para cada tetraedro. Luego de ubicar dichos nodo, el proceso de generación del mallado continúa, al conectar los nodos generados y formar el tetraedro. Después de formarse el tetraedro, el esquema de generación de mallado realiza una autocomprobación para verificar la calidad de la geometría de los elementos.

En el caso que se cuente con un elemento con geometría complicada entonces el programa realiza una serie de procedimientos para lograr un elemento de buena geometría, mediante la reubicación de los nodos.

En lo que respecta a sólidos debe señalarse que el mallado automático tridimensional genera un tetraedro para volúmenes sólidos, específicamente el elemento tetraédrico de cuatro nodos (TETRA 4). Precisamente ha sido este el elemento escogido por los autores para la modelación (Figura 3) puesto que caracteriza más fielmente al cuerpo de geometría compleja que responde al nombre de cuchilla central.

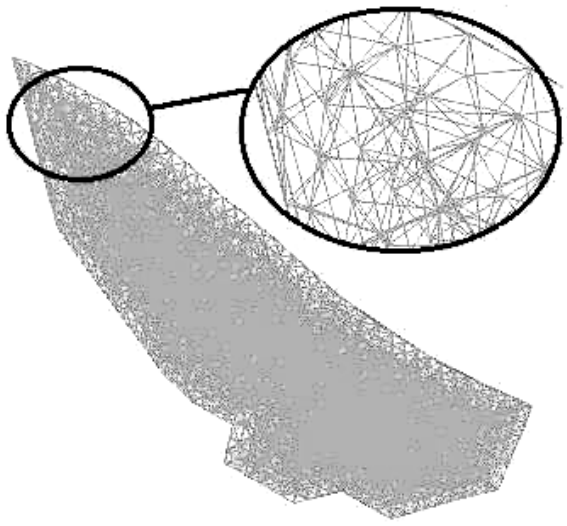

Figura. 3 Mallado empleando el elemento tetraedro 4.

2.2.2 Condiciones de carga y apoyos de la cuchilla central.

La cuchilla central está sometida a una complejo sistema de cargas en el que intervienen factores tales como:

- El número del molino que se analiza (1-6), debido a que de un molino a otro varía la composición del colchón en la cantidad de fibra de caña y bagazo.
- Espesor del colchón.
- Presión hidráulica aplicada al cilindro superior.

- Ajuste del molino (está en dependencia del criterio del Jefe de Maquinarias del central.).
- La cuchilla central de un molino azucarero, en condiciones estables de funcionamiento y moliendo a plena capacidad, absorbe un determinado porciento de la presión hidráulica total aplicada al cilindro superior. Ahora bien, esa magnitud realmente varía en virtud de consideraciones de diversos investigadores. De tal modo, se evaluaron los valores recomendados por investigadores **[4]** y se tomó un 5% de la presión hidráulica total aplicada al referido cilindro superior y además se le suma el esfuerzo necesario (p= 1.8 Kgf / mm^2) para desprender el bagazo que se encuentra adherido en los flancos de los dientes de la maza cañera.

Es importante destacar que la colocación y ajuste de la cuchilla central en los molinos azucareros se realiza a través del tacón, el cual se encuentra en la parte inferior (contraria al área de trabajo de la misma). Este tacón se hace coincidir con una ranura que se encuentra en el soporte, que posee forma de "Y", Este se extiende en toda la longitud de dicha cuchilla.

La sujeción entre estas partes componentes del molino se realiza a través de espárragos pasantes los cuales se enroscan en el tacón de la cuchilla, logrando de esta forma una unión libre de desplazamientos entre estas dos piezas del molino.

En la Figura. 4 se muestra el modelo de trabajo al cual se le ha colocado todo el sistema de cargas y apoyos para las condiciones de ensayo antes mencionadas.

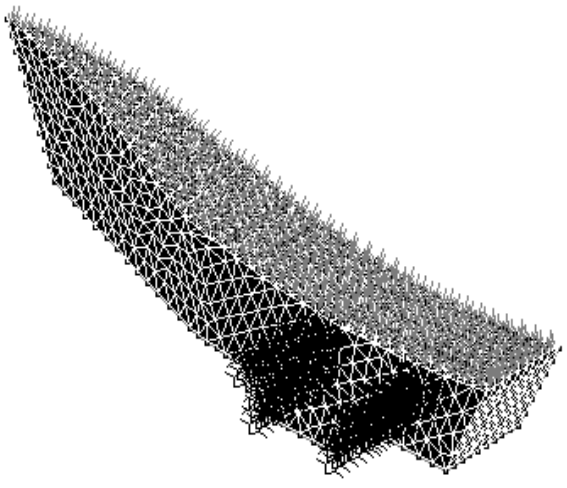

Figura. 4 Modelo con el sistema de cargas y apoyos.

2.2.3 Información preliminar para la modelación de la cuchilla central por el Método de Elementos Finitos

En primer término, los autores consideran que se exige uniformar la información en cuanto al sistema de unidades, como premisa para evitar lamentables errores en los cálculos a realizar y los resultados a obtener.

Además de esto, se ofrecen los datos acerca del material y las cargas a la que está sometida la pieza., de acuerdo a las informaciones técnicas recogidas en el CAI "Venezuela" **[1].** De tal modo, se utilizará la siguiente información:

- Unidades de longitud: Milímetro (mm).
- Unidades de fuerza: Kilogramos fuerza (Kgf).
- Unidades de presión: Kilogramos fuerza por milímetro cuadrado (Kgf/mm^2).
- Tipo de elemento: Tetraedro.
- Material de la pieza: AISI 1043
- Módulo de elasticidad: E= 2 x 10^4 Kgf/mm^2
- Coeficiente de Poisson: 0.3
- Presión en la superficie de trabajo: P= 0.827 Kgf/mm^2
- Presión en la punta de la cuchilla: P=0.853 Kgf/mm^2
- Cantidad de elementos: 7560.
- Cantidad de nodos: 1862

A partir de esta información preliminar existen las condiciones para ofrecer los resultados obtenidos en el análisis tensional y deformacional realizado a la cuchilla central.

2.3 Resultados obtenidos en el estudio de la cuchilla central

Estado tensional de la cuchilla central.

El estudio de la cuchilla central del primer molino del CAI "Venezuela" se realizó partiendo de las consideraciones antes mencionadas que corresponden a las condiciones extremas de carga para dicho molino.

Gracias a la utilización del paquete de programas COSMOS, fue posible valorar gráficamente y en forma de tablas, los resultados de las tensiones que surgen en la pieza para las condiciones ensayadas, a partir de la aplicación de los parámetros de explotación señalados anteriormente. Como se aprecia en la Figura. 5 la zona de mayores tensiones se encuentra ubicada en la parte central de la pieza, tanto en la zona superior como la inferior encontrándose los mayores valores en la parte inferior, lo que coincide con el borde interior del apoyo.

De ahí que pueda asegurarse que los valores extremos calculados no son de tal magnitud para que puedan afectar el funcionamiento de la pieza, puesto que el

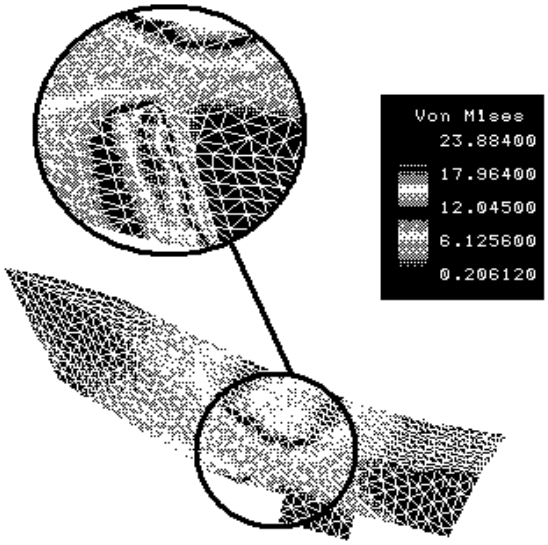

Figura. 5 Zona de mayores tensiones.

límite elástico para el acero AISI 1043 es 36 Kgf/mm^2 el cual es superior al resultado obtenido 23.88 Kgf/mm^2, lo cual implica que esta pieza se encuentra trabajando con una reserva de seguridad de 1.51, según la siguiente ecuación **[8]**:

$$\eta = \frac{\sigma_f}{\sigma} = \frac{36 \cdot Kgf/mm^2}{23.8 \cdot Kgf/mm^2} = 1.51 \qquad [1]$$

Para trabajos futuros se exigirá realizar un estudio similar, pero ya no para una cuchilla de acero AISI 1043 sino para una de fundición gris, que es el material utilizado en la mayoría de los centrales azucareros cubanos, y que fue sustituido por el acero con el objetivo de lograr mayor durabilidad en la pieza.

Valores extremos de las tensiones calculadas en la cuchilla.

Como resultado del cálculo realizado con el empleo del programa COSMOS, se pudo obtener una valiosa información que aparece en la *tabla 2.1*, la cual permite realizar las siguientes consideraciones:

- El mayor valor registrado en la tensión equivalente de Von Mises tiene una magnitud de 23.88 Kgf/mm^2.
- Este valor corresponde al nodo número 193, de un total de 1861 nodos, como se señaló anteriormente.

Tabla2.1 Resultados obtenidos a partir del cálculo de tensiones en los nodos más tensionados.

Nodos	Von Mises	SIG-X	SIG-Y	SIG-Z	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ
157	23.8017	-2.386e1	-2.616	-8.24e-1	1.166	4.658	1.244
193	23.8839	-2.583e1	-6.059	-1.570	3.526e-1	4.835	1.862e-2
194	23.7513	-2.530e1	-5.394	-1.815	1.658	5.022	-1.05e-1

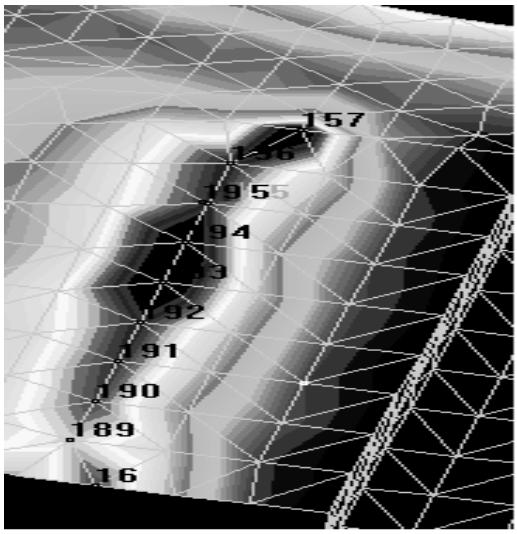

Figura. 6. Ubicación de los nodos más tensionados

Es recomendable, a partir de los resultados ofrecidos en la tabla anterior, realizar los siguientes comentarios:

- Se identificó en la pieza la posición y los números de nodos más tensionados a partir del modelo mostrado en la Figura. 6.
- Los valores de tensiones normales y tangenciales fueron obtenidos a partir de la información recogida en la lista de los nodos tensionados.

Deformación de la cuchilla central.

El estado deformacional es un fenómeno que se analiza en el volumen a través de los elementos que conforman el mallado del volumen de la cuchilla central Este análisis se encuentra estrechamente relacionado con el análisis tensional coincidiendo los mayores desplazamientos con la zona más tensionada. Como puede observarse en la Figura. 7 el lugar donde surgen las mayores deformaciones corresponden a la parte inferior de esta pieza, muy próxima a la zona donde termina el apoyo en forma de “Y” que sostiene a dicha

cuchilla central, para garantizar que ésta mantenga su posición de trabajo.

A continuación se muestra la tabla 2.2 donde son enunciados los elementos que sufren mayor deformación y el valor de dicha deformación.

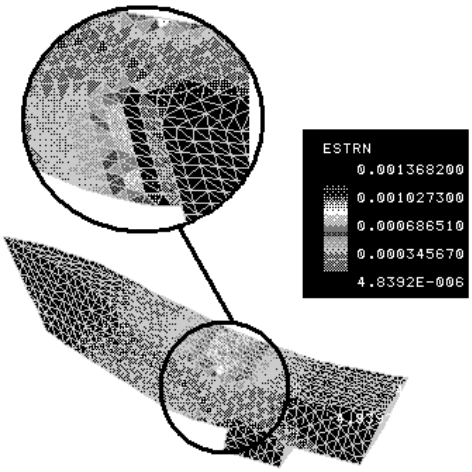

Figura. 7 Deformaciones lineales.

Desplazamientos originados en la cuchilla central.

Para las condiciones ensayadas en el modelo estudiado, que corresponden al estado más critico de explotación al que puede estar sometida en un momento determinado la cuchilla central, se obtuvo el resultado siguiente:

- El mayor valor de desplazamiento se encontró en los nodos 447 y 585 y tienen una magnitud de 0.975 mm.
- Los mayores valores de desplazamientos se encuentran localizados en la punta de la cuchilla central como se muestra en la Fig. 8.

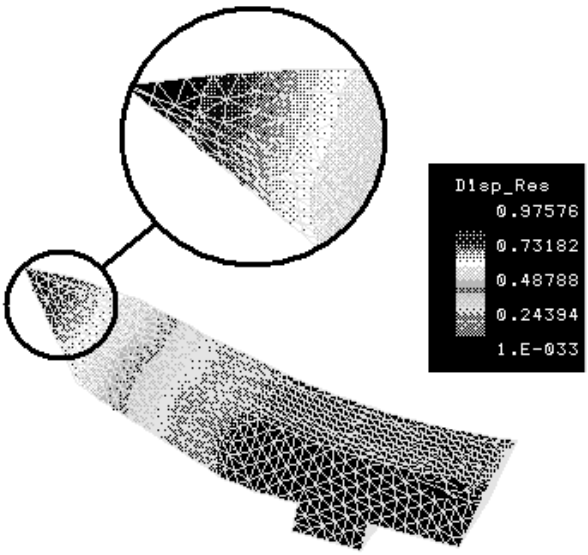

Figura. 8. Máximos desplazamientos.

Tabla 2.2 Número de elementos y magnitud de su deformación.

Elementos	Deformación	ξX	ξY	ξZ	GMXY	GMXZ	GMYZ
3916	0.00136	-1.3e-3	1.3e-4	-1.3e-4	5.7e-4	1.7e-3	-3.6e-4
4005	0.00136	-1.4e-3	2.8e-4	2.9e-5	3.4e-4	1.5e-3	-5.4e-5
4052	0.00131	-1.2e-3	2.3e-4	-3.7e-4	-2.3e-4	1.7e-3	-3.4e-5
4077	0.00132	-1.5e-3	1.4e-4	3.5e-4	1.7e-4	9.6e-4	1.1e-5

En la tabla 2.3 se presenta un resumen de los nodos que sufren el mayor desplazamiento y el valor de su magnitud.

Tabla 2.3 Valores máximos de los desplazamientos.

Nodo	Desplazamiento resultante en el nodo.	UX	UY	UZ
446	0.932044	-3.570e-1	-2.627e-3	-8.610e-1
447	0.975755	-3.590e-1	-2.815e-3	-9.073e-1
448	0.935189	-3.200e-1	-2.564e-3	-8.787e-1
584	0.935176	-3.200e-1	-2.520e-3	-8.787e-1
585	0.975739	-3.590e-1	-2.781e-3	-9.073e-1
586	0.931934	-3.571e-1	-2.518e-3	-8.608e-1

A partir de los resultados obtenidos se pueden hacer algunas valoraciones:

- Los valores mayores de desplazamiento se encuentran en la punta de la cuchilla. Esta zona coincide con el criterio de los investigadores.
- El desplazamiento extremo situado en los nodos 447 y 585 fue de 0.975 milímetros.
- Aunque este valor resulta pequeño no existen patrones de referencia (estudios anteriores acerca de la cuchilla) para realizar un estudio de rigidez. Resultará necesario realizar en el futuro estudios comparativos con otros materiales e incluso otras formas geométricas de la cuchilla y otras condiciones de carga.

A manera de resumen del estudio tensional y deformacional, puede plantearse que la cuchilla resiste las cargas extremas con un adecuado coeficiente de seguridad. Por otra parte, la zona de mayores tensiones se encuentra cercana a la zona de los apoyos. En otras partes de la cuchilla las tensiones no llegan a alcanzar valores significativos que requieran de estudios más profundos

2.4.Valoración económica.

En muchos de los centrales azucareros cubanos, con las esperanzas de aumentar la vida útil de las piezas de repuesto para los molinos azucareros, se han sustituido piezas que tradicionalmente eran construidas de fundición gris, específicamente de FG-18; por otros materiales como el acero AISI 1043. A juicio de los autores esta situación es incompatible con los objetivos de obtener aleaciones de gran durabilidad, a partir de fundiciones grises. Por tanto, cualquier valoración económica debe estar sustentada en este principio

Un ejemplo de tal situación se evidencia en el caso de las cuchillas centrales de los molinos azucareros. Aunque los nuevos materiales empleados poseen ciertas características que lo convierten en el material idóneo para determinadas aplicaciones, en las piezas antes mencionadas no se ha logrado aumentar su vida útil. Esto trae como consecuencia un efecto negativo para la economía de los Complejos Agroindustriales, ya que han aumentado los costos del producto referidos al precio de compra, transportación y elaboración de la misma. Se han analizado, pues, por partes cada uno de estos elementos: el precio del producto, los costos de transportación y los costos por concepto de elaboración por maquinado; de modo tal que en la tabla 2.4 se presenta un resumen de todos los valores calculados, donde se observa la superioridad de precios de la cuchilla central construida con acero AISI 1043 respecto a la de fundición gris.

Esta valoración permite a los autores demostrar la necesidad urgente de valorar una sustitución de la cuchilla de acero por la de hierro fundido, toda vez que esto redundará en una disminución de los costos de producción, en lo que a piezas de repuestos se refiere

Tabla 2.4. Resumen de costos.

Material	**Precio de compra.**		**Costo de transportación**	**Costo de elaboración por maquinado.**
	MLC	MN		
FG-18	∃379.41	$273.55	$203.58	$74.24
AISI 1043	∃448.40	$311.60	$459.18	$103.52

. Para dar soporte a esta afirmación, se exigirá de la continuación del presente trabajo, donde se pueda completar el estudio tensional y deformacional de la cuchilla central, para el caso en que el material sea fundición gris. De todos modos, este análisis económico preliminar brinda argumentos para futuras decisiones a tomar por los ejecutivos de las empresas azucareras, que hoy día se enfrascan en un profundo redimensionamiento económico.

3. Conclusiones.

- Esta investigación ha permitido realizar el análisis de la cuchilla central, desde el punto de vista de resistencia, creando las bases para un futuro análisis de optimización y desgaste.
- Los desplazamientos originados en el extremo de los dientes de la cuchilla central no causan efectos negativos en el cumplimiento de sus funciones, debido a la pequeña magnitud de dichos desplazamientos.
- La pieza se encuentra trabajando actualmente con una reserva de seguridad aún en la parte más tensionada; dicho de otro modo, esas tensiones no representan un valor alarmante

que exija tomar medidas para evitar la rotura de la pieza.

- Algunas partes de la cuchilla están sobredimensionadas. Esta afirmación se basa en el pequeño valor de las tensiones, las deformaciones y los desplazamientos que surgen en una gran parte de la pieza.

4 Recomendaciones.

- El diseño de la cuchilla central puede ser optimizado, en función del peso y del volumen.
- Se recomienda realizar un estudio comparativo de diferentes perfiles y materiales empleados en el diseño de la cuchilla central.
- Se exige de un futuro estudio acerca del desgaste de esta pieza, debido al ambiente erosivo-corrosivo-abrasivo a que está sometida.

5 Bibliografía.

1. ALONSO, EDUARDO. Recomendaciones para el trazado de molinos azucareros / Eduardo Alfonso [s.l., s.n.], 1997. – 27p.
2. Analysis of a hidraulic press structure by Finite Element Method : Kharagpur. [s.n.], 1997. – 33p.
3. HAWKES, BARRY. Cadcam / Barry Hawkes. – Madrid : Ed. Paraninfo, 1989. – 336p.
4. HEINRICH, J.C. Métodos numéricos para el cálculo y diseño de ingeniería / J. C. Heinrich. – España : [s.n.], 2000. – 556p.
5. HUGOT, E. Manual para ingenieros azucareros / E. Hugot. – La Habana : Ed. Edición Revolucionaria 1987, – 803p.
6. LIVESLEY, R. K. Elementos Finitos / R. K. LIVESLEY. – México : Ed. Limusa, 1988. – 203p.
7. Manual de Recuperación de Piezas. La Habana : Ed. Centro de Investigaciones Metalúrgicas, 1993. – 258p.
8. NAPOLES, ELSA. Metodología para el análisis por el Método de Elementos Finitos / Elsa Nápoles. – Camagüey : [s.n.], 2000. - 32p.
9. STIOPIN, P. A. Resistencia de materiales / P.A. Stiopin. – Moscú : Ed. Mir, 1979. – 210p.
10. ZIENKIEWICZ, O. C. The Finite Element Method in Engineering Science / O. C. Zienkiewicz. – Great Britain : Ed. McGraw-Hill Publishing Limited, 1971. – 521p.

Resistance characterization of sugar mills central knives.

Abstract:

This paper deals with a tensional and deformational analysis of the first mill central knife in sugar mills. It has the objective of creating the basis for future optimization of design and also finding the proper material, according to the manufacturing and working demands with a minimum manufacture cost. This is accomplished by means of advanced techniques in order to analyze such elements through numerical methods, these programs give possibility to obtain results in tables and charts, which visualizes the tensile distribution in all regions and make easy to detect dangerous zones. A model that facilitates the problem solution is also employed, with its corresponding mathematical equations. Finally, the authors make suggestions for a future study of wear and for the weight and volume optimization of the investigated object.

Key words: Central knife, sugar mills, finite element method.