

REINGENIERÍA DE DISEÑO DE UNA MAQUINA DE PULIDO DE CITAPIA S. A. DE C. V.

Maturano-Maturano, B.A.^a, Sarabia-Lugo, E.^a, Rivera-Hernández, K.^a

^a Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, División de Ingeniería Industrial, Paseo del Agrarismo No. 2000. Carretera Mixquiahuala-Tula Km. 2.5. C.P. 42700 Mixquiahuala de Juárez Hidalgo. E-mail: bmaturano@itsoeh.edu.mx

Recibido 03 de Noviembre de 2017; aceptado 29 de Diciembre de 2017

Palabras clave:

Diseño Asistido por Computadora (CAD), Innovación, Diseño en ingeniería

RESUMEN. *El presente proyecto está orientado al rediseño de la máquina que le da pulido a pequeñas piezas de la empresa CITAPIA S. A. DE C. V. ubicada en Atitalaquiá, Hgo., con la finalidad de innovar el diseño ya existente para mejorar la eficiencia de la misma, se utilizó el Software Solidworks para realizar dicho proyecto, así como la técnica de Diseño de Ingeniería Concurrente, la cual consta de tres actividades que se describen a continuación: Ideación: Se recopila la información necesaria el diseño de la máquina, se realiza el planteamiento del problema, los objetivos, limitantes así como los primeros bocetos. Refinamiento: Se prueba el diseño preliminar y se realizan cambios si es necesario. Implantación: Se determina si el diseño satisface las metas del proyecto. El trabajo muestra los resultados del nuevo diseño por piezas con el cual se pretende aumentar su eficiencia y se realiza una comparación con la máquina anterior.*

Key words:

Computer aided design (CAD), Innovation, Engineering design

ABSTRACT. *The present project is oriented to the redesign of the machine that gives polishing to small pieces of the company CITAPIA SA DE CV located in Atitalaquiá, Hgo., With the purpose of innovating the existing design to improve the efficiency of the same, it was used the Solidworks Software to carry out said project, as well as the Concurrent Engineering Design technique, which consists of three activities that are described below: Ideation: The necessary information is collected in the design of the machine, the problem statement is made, the objectives, limitations as well as the first sketches. Refinement: The preliminary design is tested and changes are made if necessary. Implementation: It is determined if the design meets the goals of the project. The work shows the results of the new piece design with which it is intended to increase its efficiency and a comparison is made with the previous machine.*

INTRODUCCIÓN

Desde la prehistoria la representación gráfica a través de imágenes fue una herramienta muy importante de comunicación para nuestros antepasados ya que buscaban representar con realismo acontecimientos, sentimientos, sucesos, etc. Desde la antigüedad hasta a mediados del siglo XX la única manera de crear imágenes era a través de pinturas, grabados, estatuas, entre otros.

Con la evolución de la tecnología y la aparición de cámaras fotográficas el hombre tuvo una herramienta más para la representación de imágenes de su entorno. Posteriormente con los dispositivos electrónicos digitales, las imágenes también evolucionaron de analógicas a digitales y con estas últimas se comienzan a crear imágenes completamente diseñadas a computadora¹.

La aparición del diseño como tal tiene lugar en el surgimiento de la capacidad del individuo para la solución de problemas de subsistencia, y

posteriormente de las necesidades propias del desarrollo humano. La selección de cosas naturales más apropiadas para un curso particular es la primera fase del diseño racional. La fabricación (modelado) de objetos corresponde a un nivel más avanzado del diseño, en el cual el individuo decide y no sólo elige, la forma más apropiada para satisfacer la necesidad².

Con la revolución industrial se introduce sistemáticamente las máquinas en el proceso de producción y con ello se da una separación de las tareas de concepción, de las de construcción (fabricación) y con ello se establece una nueva etapa en la división técnica del trabajo, es decir antes de fabricar un máquina, una pieza o cualquier artículo que el cliente solicite se deben definir todos los detalles a fin de descartar posibilidades de cambio, es decir, crear un diseño que permita visualizar la pieza u objetivo con todas sus características.

Definir el término diseño es complicado al tener múltiples significados, en una aproximación podemos decir que diseñar es pensar antes de hacer, lo que lleva implícitas dos acciones: pensar y hacer.

Fue hasta el siglo XX que se buscó que los diseños de los objetos generados a computadora fueran agradables y atractivos, y se dio una fusión de estética y tecnología³. Hoy en día el Diseño Asistido por Computadora (CAD) implica el uso de computadoras para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un producto. En la actualidad existen diferentes programas de diseño que permiten realizar objetos en 2D y 3D además de ensambles de piezas y su simulación que sirven como herramienta en la Ingeniería.

Por otro lado con la creciente competitividad entre las empresas es importante que los productos que se ofrezcan sean de calidad y a buen precio, por esta razón es incorporar el pensamiento de diseño en nuestra cultura empresarial para generar ventajas competitivas, si se realiza profesional y adecuadamente aportara beneficios económicos y sociales.

El diseño es una disciplina importante al poder realizar mejoras a objetos, productos o maquinas como lo es el caso de la máquina de pulido de CITAPIA S. A. de C. V, la cual tendrá un mejor rendimiento con el rediseño que se ha elaborado de la misma. Esto va de la mano con la innovación, hoy en día, es una necesidad absoluta en las empresas para sobrevivir. Las compañías que no invierten en innovación ponen en riesgo su futuro. "Si no buscan soluciones innovadores a los problemas que emergen en la sociedad o en sus clientes continuamente, su negocio no prosperará, tendrán poca probabilidad de competir y eventualmente será desplazada por otras"⁴.

El diseño es el proceso creativo, tecnológico y multidisciplinar que las empresas pueden utilizar como herramienta con la cual llegar a conocer las necesidades nuevas y cambiantes del mercado y las de un cliente cada vez más informado y exigente. De acuerdo con el programa: Gestión del diseño como factor de innovación las herramientas de diseño pueden ayudar a:

1. Introducir mejoras funcionales y estéticas en productos ya existentes que optimicen la

experiencia de uso, o que permitan incrementar su valoración por parte de los usuarios.

2. Generar nuevos productos o servicios, a partir de tecnologías existentes.
3. Generar o adaptar productos y servicios a nuevos mercados, tanto nacionales como internacionales.
4. Organizar y diversificar la oferta de productos y servicios para diferenciarnos de la competencia.
5. Simplificar la producción, ahorrar costos de fabricación, materiales, energía, tratamiento de desechos, logística y distribución.
6. Mejorar el nivel de reciclaje y reutilización, de modo de satisfacer la demanda creciente de consumidores preocupados por cuestiones medioambientales.
7. Adelantarnos a cumplimentar estándares ambientales y de seguridad e higiene pasibles de ser reglamentaciones futuras.
8. Optimizar la comunicación de la empresa, para aportar valor de marca y fidelizar clientes.
9. Desarrollar integralmente la imagen de un producto (nombre, packaging, promoción, web, etc.).
10. Innovar en materiales, procesos, productos, comunicación, entre otros⁵.

Campos de acción del diseño

Diseño de producto. Definición de aspectos formales, utilitarios, semánticos y demás características del producto que estarán en contacto con el usuario. Para lograrlo, se trabaja en torno a la comprensión de la experiencia de uso, la percepción sensorial, los conocimientos técnicos y los procesos de fabricación.

Diseño estratégico. Se puede englobar a las categorías anteriores en una dimensión integradora, que articule los intangibles que dan forma al producto ampliado, combinando bienes, servicios y experiencias. En su concepción más avanzada, el diseño se convierte en una forma de pensar para innovar de manera global y continua. El diseño en un rol estratégico nos ayuda a desenvolvemos en escenarios complejos y anticipar tendencias. De este modo podremos capitalizar su facilidad para visualizar conceptos y comunicarlos claramente.

Tipos de software

De acuerdo con la *Guía Básica para la aplicación de las TICs en PYMES*⁶, la gran variedad de programas

de CAD existentes en el mercado, es posible agruparlos en las siguientes categorías:

- 2D / 3D: programas pensados para trabajar habitualmente en dos dimensiones, aunque presentan la posibilidad del paso a 3D.
- 3D gama media: aplicaciones diseñadas para dibujar directamente en tres dimensiones bajo el interfaz de Windows.
- 3D gama alta: son los programas 3D avanzados.

Programas de diseño en 3D. Elegir el software de modelado 3D adecuado es importante, ya que te ayuda a llevar a cabo tus ideas creativas sin complicaciones.

Pero encontrar el programa de modelado 3D adecuado a menudo es difícil. Eso se debe a varios factores y a la amplia gama de funciones disponibles en estas aplicaciones.

Existe diferente software de modelado 3D como son, Autocad, CATIA, Inventor, Solidworks, etc. Estos software permiten realizar modelados sólidos de piezas o conjuntos, apoyada en la Geometría Constructiva de Sólidos, obteniendo posteriormente las vistas diédricas de cada pieza o conjunto, planos de conjunto o de despiece, así como simulaciones de montaje o de comportamiento a diferentes solicitaciones, estando realmente entroncado en el proceso de Diseño-Fabricación-Producción⁷.

Rediseño. Volver a diseñar algo o modificar un diseño previo para mejorar la versión original, hacerlo más atractivo, más actual, incorporarle nuevas funciones, etc.⁸

Innovación. Se entiende por innovación la concepción e implantación de cambios significativos en el producto, el proceso, el marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados. Los cambios innovadores se realizan mediante la aplicación de nuevos conocimientos y tecnología que pueden ser desarrollados internamente, en colaboración externa o adquiridos mediante servicios de asesoramiento o por compra de tecnología. Las actividades de innovación incluyen todas las actuaciones científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales que conducen a la innovación. Se consideran tanto las actividades que hayan producido éxito, como las que estén en curso o las

realizadas dentro de proyectos cancelados por falta de viabilidad.

La innovación implica la utilización de un nuevo conocimiento o de una nueva combinación de conocimientos existentes⁹. La obtención de nuevo conocimiento se realiza mediante una o varias de las actividades señaladas a continuación.

Innovación de producto. Aporta un bien o servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características técnicas o en cuanto a su uso u otras funcionalidades, la mejora se logra con conocimiento o tecnología, con mejoras en materiales, en componentes, o con informática integrada.

Para considerarlo innovador un producto debe presentar características y rendimientos diferenciados de los productos existentes en la empresa, incluyendo las mejoras en plazos o en servicio⁹.

Innovación de proceso. Concepto aplicado tanto a los sectores de producción como a los de distribución. Se logra mediante cambios significativos en las técnicas, los materiales y/o los programas informáticos empleados, que tengan por objeto la disminución de los costes unitarios de producción o distribución, la mejorar la calidad, o la producción o distribución de productos nuevos o sensiblemente mejorados.

Las innovaciones de proceso incluyen también las nuevas o sensiblemente mejoradas técnicas, equipos y programas informáticos utilizados en las actividades auxiliares de apoyo tales como compras, contabilidad o mantenimiento. La introducción de una nueva, o sensiblemente mejorada, tecnología de la información y la comunicación (TIC) es una innovación de proceso si está destinada a mejorar la eficiencia y/o la calidad de una actividad de apoyo básico⁹.

Innovar igual es el proceso de transformar ideas en valor para la organización y los consumidores, el cual se inicia con la generación de ideas, pasando por un tamizaje de viabilidad, hasta la implementación de un nuevo, o significativamente mejorado: producto –bien o servicio–, proceso, esquema de mercadeo o estructura organizacional de la empresa. Un elemento fundamental en la innovación es encontrar oportunidades ofreciendo soluciones a necesidades no satisfechas de los

clientes y sobre todo, a aquellas que los clientes no están en capacidad de expresar⁴.

Ciclo o de la innovación

Llevar innovaciones al mercado implica la ejecución de un proceso sistemático y organizado de innovación que incluye al menos las siguientes etapas:

- I. Búsqueda de oportunidades.
- II. Generación y selección de ideas.
- III. Implementación.
- IV. Llegada al mercado y obtención de valor.

Ingeniería concurrente

La ingeniería concurrente, o también llamada como ingeniería simultánea o ingeniería total se basa en integrar de forma paralela el diseño de producto y proceso. Busca la adaptación rápida al cambio con una estructura bien definida, con el apoyo de sistemas tecnológicos confluyendo en un núcleo común de extracción de datos¹⁰.

Por otro lado para el desarrollo del diseño de la máquina de pulido es importante conocer que es el pulido y todo lo que esto involucra.

Pulido. El pulido es un proceso de abrasión, utilizado para eliminar muy pequeñas cantidades de metal de una superficie que debe ser plana, con precisión a un tamaño, y cabalmente lisa. El pulido puede realizarse por cualquiera de las razones siguientes:

1. Aumenta la duración al desgaste de una pieza
2. Mejora la precisión y el acabado en una superficie
3. Mejora la planicie en la parte superficial
4. Proporciona un mejor sellado y elimina la necesidad de empaquetaduras o sellos.
5. El pulido solo elimina aproximadamente .0005 plg. (0.01mm) de material¹¹.

Máquinas de pulido por vibración. Son equipos que se utilizan para la eliminación de rebabas, alisado, desengrase y sobre todo para dar brillo a las piezas metálicas.

En el proceso de vibración intervienen varios factores importantes para el acabado final de la pieza, como son los productos químicos, los abrasivos de poliéster y la regulación de las máquinas de pulido por vibración, la Figura 1 muestra una máquina por vibración.

La Figura 2 muestra a un bombo rotativo, este tipo de máquina permite el pulido de distintos tipos de piezas, consiguiendo un pulido perfecto.

Clasificación de los resortes. Los resortes suelen clasificarse según su esfuerzo de deformación predominante, su forma y aplicación en: efecto de torsión, efecto flexional, efecto axial.

Vibración. Es un movimiento repetitivo alrededor de una posición de equilibrio. La posición de "equilibrio" es a la que llegará cuando la fuerza que actúa sobre él sea cero.

Clasificación de las vibraciones. Las vibraciones son libres cuando no existen fuerzas o acciones exteriores directamente aplicadas al sistema a lo largo del tiempo. Las vibraciones son forzadas cuando existen acciones o excitaciones directamente aplicadas al sistema a lo largo del tiempo, además de las fuerzas o momentos internos.



Figura 1. Máquina de pulido por vibración¹².



Figura 2. Bombo rotativo¹³.

Tanto las vibraciones libres como las forzadas pueden subdividirse, dependiendo de la existencia o no de fuerzas resistentes que amortiguan el movimiento vibratorio:

- Sin amortiguamiento. No existe resistencia pasiva al movimiento del sistema.
- Con amortiguamiento. Existen resistencias pasivas al movimiento del sistema, es decir, fuerzas o momentos disipativos que amortiguan el movimiento vibracional.

Desbalance rotatorio. Es una fuente común de excitación vibratoria, se puede considerar un sistema resorte- masa restringido al moverse en dirección vertical y excitado por una maquina rotatoria no balanceada. El desbalance está representado por una masa excéntrica que rota a una velocidad angular.

Aislamiento vibratorio. Las fuerzas vibratorias generadas por máquinas y motores son a menudo inevitables; sin embargo, su efecto en un sistema dinámico puede reducirse sustancialmente mediante resortes diseñados apropiadamente, llamados aisladores.

Amortiguamiento estructural. Cuando los materiales son forzados cíclicamente, la energía es disipada internamente en el material mismo¹⁵.

Motor eléctrico. Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

METODOLOGÍA

Se utilizó para el diseño y elaboración de la maquina la técnica de Diseño de Ingeniería Concurrente¹⁰ (Figura 3).

Las ventajas más relevantes que la ingeniería concurrente genera son:

- Acorta los tiempos de desarrollo de los productos
- Menores cambios de ingeniería
- Eleva la productividad
- Aumenta la flexibilidad
- Mejor utilización de los recursos
- Productos de alta calidad
- Reducción en los costes de desarrollo de los productos

- Mejoras en calidad



Figura 3. Ingeniería Concurrente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrolló un rediseño de la máquina de pulido de CITAPIA S. A. de C. V., para brindar un mejor rendimiento en el proceso de pulido que se les da a las piezas y para llegar a ello se utilizó la Metodología de Diseño de Ingeniería Concurrente, la cual consta de 3 etapas: ideación, refinamiento e implantación, sin embargo solo se llegó hasta la segunda etapa.

En la ideación se determinó la problemática, los objetivos, alcances, limitaciones para diseñar y construir una máquina de pulido. En refinamiento se utilizó el software de Solidworks para realizar el rediseño de la máquina (Figura 4).

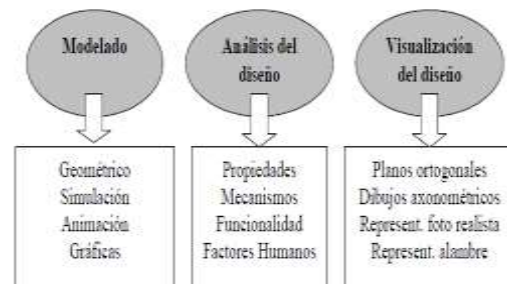


Figura 4. Proceso de refinamiento¹⁷.

A continuación se muestran los diseños de las partes que conforman la maquina:

Tolva. Es la parte donde se depositaran las piezas pequeñas que se pulirán. En la figura 5 se visualiza la parte frontal con las medidas de la tolva. En la

Figura 6 se pueden observar las medidas superiores de la tolva la cual tiene de base 100 cm x 80 cm. La figura 7 muestra como se ve el diseño terminado de la tolva de la máquina pulidora.

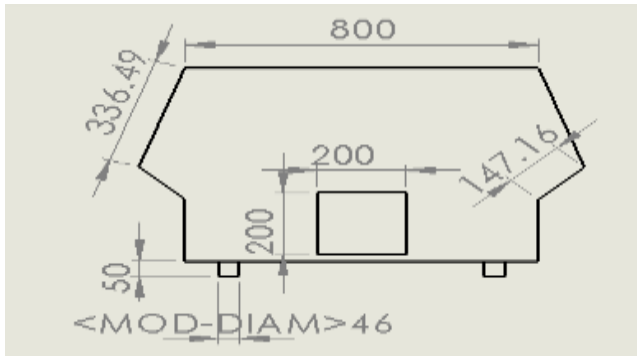


Figura 5. Tolva frontal.

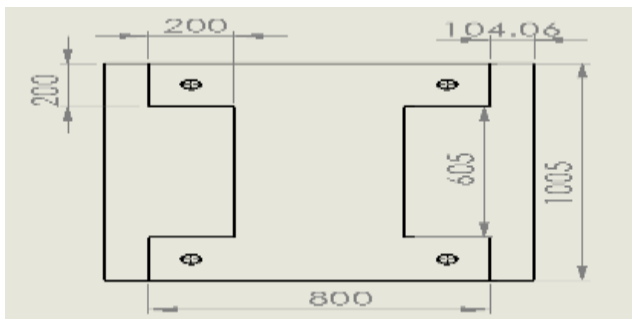


Figura 6. Tolva inferior.

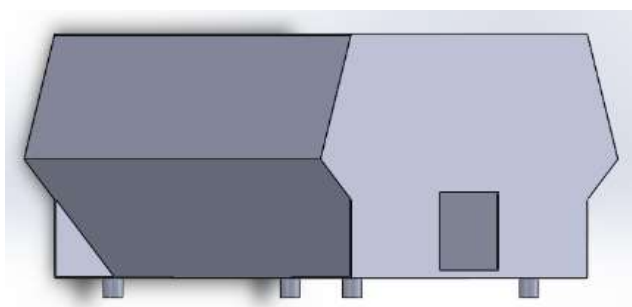


Figura 7. Tolva.

Base. La base de la maquina es elemento donde estará montada toda la máquina y sus diferentes piezas y/o componentes, además se le añadió una base adicional que es donde se pondrá el motor, el cual brindara el movimiento de vibración. En esta parte es donde se realizó la modificación respecto a diseño anterior. A continuación se muestran las vistas de la base, las cuales se pueden observar en

las Figuras 8, 9 y 10. La Figura 11 muestra como se ve el diseño terminado de la base de la máquina de pulido.

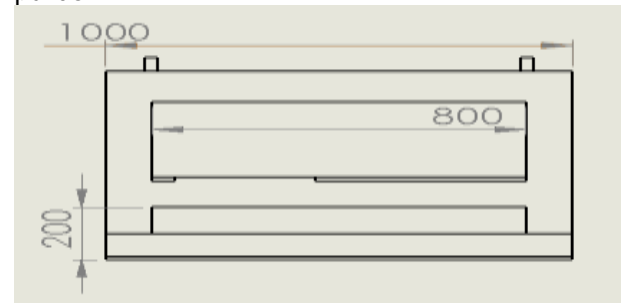


Figura 8. Base lateral.

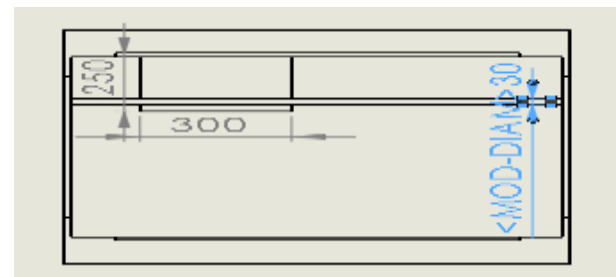


Figura 9. Base inferior.

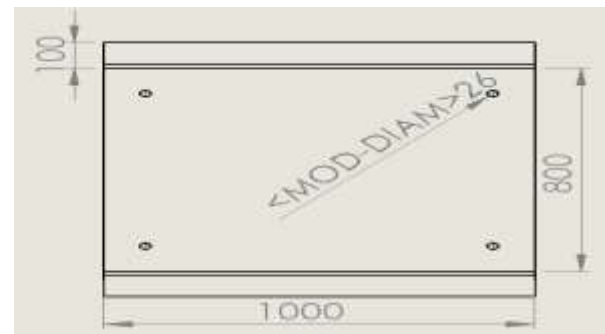


Figura 10. Base superior.

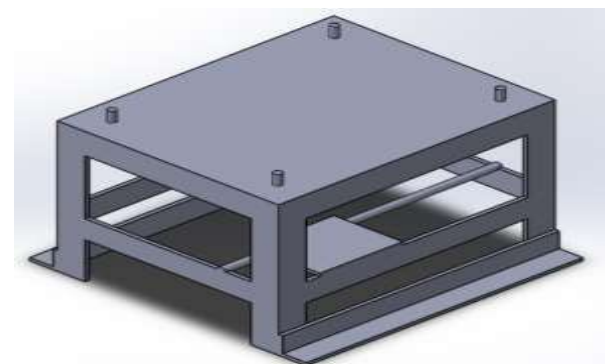


Figura 11. Base de la máquina.

Pilón, chumacera y polea. Estas partes de la máquina junto con el motor son las que realizan el movimiento vibratorio que brindaran pulido a las pequeñas piezas metálicas. En las figuras 12 y 13 se observan las medidas de estas partes que componen la máquina.

La Figura 14 muestra como se ve el diseño terminado de estas partes de la máquina.

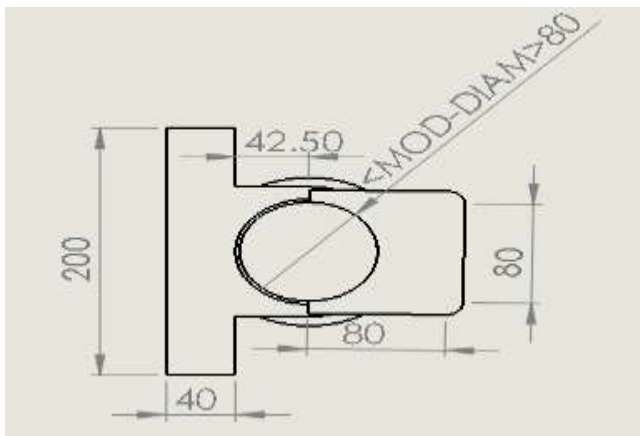


Figura 12. Pilón lateral.

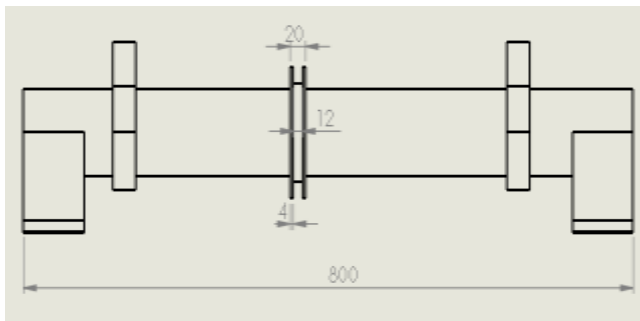


Figura 13. Pilón frontal.

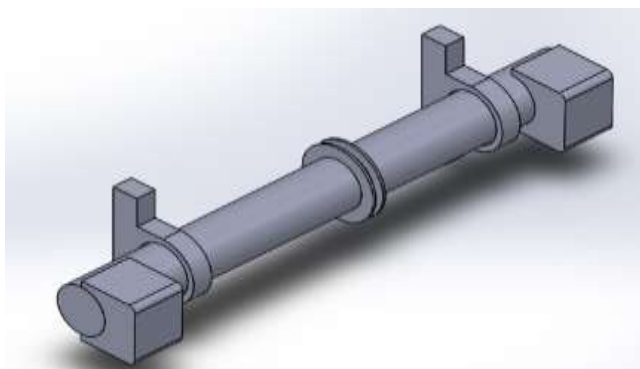


Figura 14. Pilón completo de la máquina.

Resortes. Para realizar el resorte se tomaron las medidas establecidas en el catálogo Lee Spring 2015. Las cuales se muestran en la Figura 15. En la figura 16 se puede observar el diseño de los resortes que usara la máquina para amortiguar las vibraciones.

NUMERO DE PARTE LEE	DIAMETRO DEL AGUJERO		DIAMETRO DEL PERNO		DIAMETRO* EXTERIOR		MATERIAL	DIAMETRO DEL ALAMBRE	
	PULG.	MM	PULG.	MM	PULG.	MM		PULG.	MM
LHL 1500A 01					1.430	36.32		.187	4.75
LHL 1500A 02					1.430	36.32		.192	4.88
LHL 1500A 03					1.390	35.31		.195	4.95
LHL 1500A 04					1.360	34.54		.195	4.95
LHL 1500A 05	1 1/2	38.10	3/4	19.05	1.450	36.83	C	.207	5.26
LHL 1500A 06					1.450	36.83		.207	5.26
LHL 1500A 07					1.430	36.32		.207	5.26
LHL 1500A 08					1.410	35.82		.207	5.26
LHL 1500A 09					1.385	35.18		.207	5.26
LHL 1500A 10					1.385	35.18		.207	5.26

NUMERO DE PARTE LEE	LONGITUD SIN CARGA		CARGA A DEFLEXION DEL 50%		CONSTANTE		ALTURA SOLIDA	
	PULG.	MM	LBS.	KG	LBS/PULG.	KG/MM	PULG.	MM
LHL 1500A 01	2	50.80	280.00	127.01	280.0	5.000	.990	25.15
LHL 1500A 02	2 1/2	63.50	300.00	136.08	240.0	4.286	1.215	30.86
LHL 1500A 03	3	76.20	330.00	149.69	220.0	3.929	1.475	37.47
LHL 1500A 04	3 1/2	88.90	341.25	154.79	195.0	3.482	1.715	43.56
LHL 1500A 05	4	101.60	370.00	167.83	185.0	3.304	1.960	49.78
LHL 1500A 06	4 1/2	114.30	360.00	163.29	160.0	2.857	2.205	56.01
LHL 1500A 07	5	127.00	375.00	170.09	150.0	2.679	2.415	61.34
LHL 1500A 08	5 1/2	139.70	385.00	174.63	140.0	2.500	2.670	67.82
LHL 1500A 09	6	152.40	397.50	180.30	132.5	2.366	2.950	74.93
LHL 1500A 10	7	177.80	402.50	182.57	115.0	2.054	3.320	84.33

Figura 15. Resortes Lee Spring®.

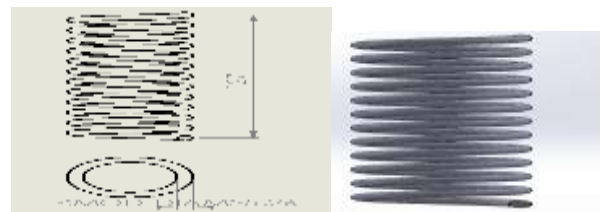


Figura 16. Resorte.

Máquina de pulido. En la figura 17 se puede visualizar el diseño de la máquina de pulido ya ensambladas todas la piezas las cuales son: tolva, resortes, base de la máquina cuenta con una base adicional para colocar el motor y el pilón con chumaceras, contrapesos y la polea. Con este diseño se pretende que la maquina tenga un mejor rendimiento al desarrollar el proceso de pulido. La máquina de pulido anterior no contaba con una base para el motor puesto que este se encuentra sujeto a

la parte inferior de la base, esto a su vez disminuye la capacidad de la maquina porque los resortes soportan 100 kg y el peso de la tolva con el motor y la polea es de 37.430 kg, lo que da un total de capacidad de carga de 62.57 kg.

$$4(25)-(37.430)=62.57 \text{ kg.}$$

Ec. 1

Con el nuevo diseño se solucionó este problema ya que se agregó al diseño una base para el motor. Además el rediseño de la maquina se hizo al doble de su tamaño original.

La Figura 18 muestra el diseño de la máquina de pulido a la que se le realizaron las modificaciones necesarias para mejorar el rendimiento de la misma.

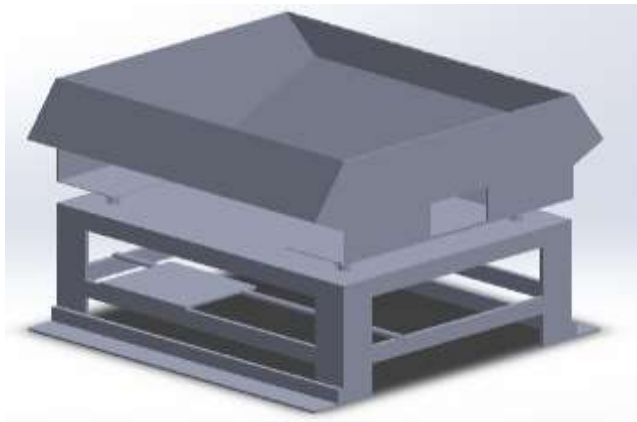


Figura 17. Máquina de pulido.

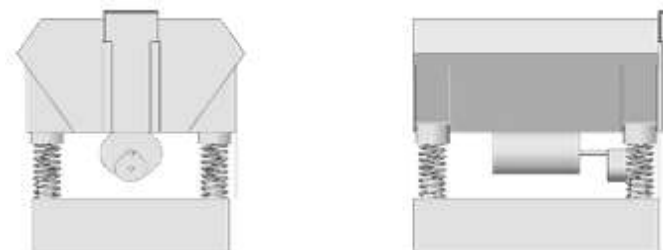


Figura 18. Vista frontal y lateral del primer diseño de la máquina.

CONCLUSIONES

El diseño industrial es una valiosa herramienta que las empresas pueden utilizar para conseguir o mantener sus ventajas competitivas y también sirve para impulsar el desarrollo de la innovación en la empresa. En este caso el rediseño de la máquina de pulido ayudara a la empresa CITAPIA S. A. de C. V. a aumentar el rendimiento de la máquina y esto se verá reflejado en beneficios económicos.

Es importante señalar que las tendencias futuras tecnológicamente hablando respecto al diseño industrial cada día ira tomando un papel más importante en la industrial y tendrán que desarrollarse nuevas aplicaciones CAD que harán la tarea del diseño y modelado más sencillo y amigable con el usuario, lo que le permitirá a las PYMES que sea más fácil y sencilla la incorporación de estos software en sus procesos y en el diseño de sus productos.

REFERENCIAS

- Olmos I. (2012). Gráficos de Computadoras. Recuperado de https://www.cs.buap.mx/~iolmos/graficacion/1_Introduccion.pdf
- Camargo E. (2011). Artículo: Diseño Industrial y Ergonomía. Edición UAM. Recuperado de <http://www.semec.org.mx/archivos/9-35.pdf>
- Gay A. & Samar L. (2007) Diseño Industrial en la Historia. Ediciones TEC, Argentina. ISBN 987-21597-0-X. Recuperado de <http://www.faud.unsj.edu.ar/descargas/LECTURAS/Diseno%20Industrial/OBLIGATORIA/3.pdf>
- García F. (2012). Contribución al Análisis PEST. Plan Estratégico 2013-2020. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería Recuperado de https://acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/DOC_PE_Conceptos_Innovacion.pdf
- Ramírez R. (2012). Diseño de productos: una oportunidad para innovar. Programa: gestión del diseño como factor de innovación. Ed 1a. Inst. Nacional de Tecnología Industrial. ISBN 978-950-532-173-5. Recuperado de https://www.inti.gob.ar/disenoindustrial/pdf/publicaciones/UIA_empresas.pdf
- Bonilla A. (2013). Guia TECNOPYME fase II. Herramientas de Diseño e Ingeniería. CAP 1. Recuperado de http://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo1.pdf?hash=a5c86dd3440c6c72c65716a3dbab7e50&idioma=CA
- Rojas J. (2011). Una revisión histórica: Desde el Dibujo en Ingeniería hacia la Ingeniería del Diseño. ISSN: 0012-7353. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n167/a02v78n167.pdf>
- Rios S. (2008). Tesis: Rediseño de Pocosos. Recuperado de: <http://www.itdurango.edu.mx/titulacion/iv.pdf>
- Manual de Oslo. Directrices para la Recogida e Interpretación de la Información Relativa a Innovación. Recuperado de: www.madrid.org/bvirtual/BVCM001708.pdf
- Bertoline G. (1999). En G. R. Bertoline, Dibujo en ingeniería y comunicacion grafica. Mexico: McGRAW-HILL
- Krar, Steve ; Gril, Arthur; Smid, Peter. (2009). Tecnologia de las Maquinas Herramienta Sexta Edición. Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.
- Figura obtenida de: <http://metacsa.com/productos/pulidoporvibracion/>
- Figura obtenida de: <http://metacsa.com/productos/pulidoporvibracion/>
- Tulio M. (2014) Proyecto de Elementos de Accesorios Elásticos. Mecánica de Resortes y Elásticos, Calculo de Resortes.
- Thomson WT; Dahleh MD. (1998). Teoría de Vibraciones con aplicaciones. PRENTICE/HALL INTERNACIONAL

Recuperado de
[https://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdem
aquinas/cap05-01.pdf](https://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemquinas/cap05-01.pdf)

16. Figura obtenida de:
[http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/1890/
1/industrial_data01v9n1_2006.pdf](http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/1890/1/industrial_data01v9n1_2006.pdf)
17. Figura obtenida de www.leespring.com