



**Diseño e implementación de moldeadora de platos de cartulina, para la
microempresa Joe's Fiesta, ubicada al norte de Quito**

Vaca Clavijo, Claudio Esteban

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica

Msc. Freire Llerena, Washington Rodrigo

03 de febrero del 2023






Latacunga

Reporte de verificación de contenido

Document Information

Analyzed document	TESIS VACA CLAUDIO.docx (D157172147)
Submitted	2023-01-27 21:42:00
Submitted by	Juan Carlos Altamirano
Submitter email	jo.altamiranoo@uta.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	jo.altamiranoo.uta@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS ALBAN.docx Document TESIS ALBAN.docx (D21318653)		2
W	URL: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32082/3/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20C3%93N.pdf.txt Fetched: 2021-08-27 06:07:49		1
W	URL: https://docplayer.es/78467314-Estrategias-de-operacion-optima-de-parques-ecolicos-mediante-algo... Fetched: 2023-01-09 04:39:18		1
SA	Documento Final Marcos La Serna.pdf Document Documento Final Marcos La Serna.pdf (D121219427)		1
W	URL: https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=2865 Fetched: 2021-11-30 07:19:41		8



Msc. Freire Llerena, Washington Rodrigo

C.C.: 1801910884



Departamento de Eléctrica y Electrónica
Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Diseño e implementación de moldeadora de platos de cartulina, para la microempresa Joe’s Fiesta, ubicada al norte de Quito”** fue realizado por el señor **Vaca Clavijo, Claudio Esteban**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 08 de febrero del 2023



Msc. Freire Llerena, Washington Rodrigo

C.C.: 1801910884



Departamento de Eléctrica y Electrónica
Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Vaca Clavijo, Claudio Esteban**, con cédula de ciudadanía n° 1723005144, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño e implementación de moldeadora de platos de cartulina, para la microempresa Joe's Fiesta, ubicada al norte de Quito.** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 26 de enero del 2023

Vaca Clavijo, Claudio Esteban

C.C.: 1723005144



Departamento de Eléctrica y Electrónica
Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Autorización de publicación

Yo, **Vaca Clavijo, Claudio Esteban**, con cédula de ciudadanía n° 1723005144, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño e implementación de moldeadora de platos de cartulina, para la microempresa Joe's Fiesta, ubicada al norte de Quito**. En el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 08 de febrero del 2023

Vaca Clavijo, Claudio Esteban

C.C.: 1723005144

Dedicatoria

A mis padres, a mi esposa y a mis hijos.

Agradecimientos

A Dios por permitirme cumplir mis metas, por darme la fortaleza de continuar y culminar mi preciada carrera.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas E.S.P.E. L, por ser la cuna del saber que forma día a día profesionales éticos, de criterio formado y de ideas firmes.

A mi familia por ser ese apoyo incondicional, la mano que me respalda y ánima a ser un hombre y profesional de bien.

A mis amigos por hacer de este proceso formativo un segundo hogar.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de contenido	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
Índice de ecuaciones	15
Resumen.....	16
Abstract	17
Capítulo I: Introducción	18
Antecedentes.....	18
Justificación	19
Objetivos.....	19
<i>Objetivo general</i>	19
<i>Objetivos específicos</i>	19
Capítulo II: Marco Teórico	21

Introducción.....	21
<i>El termo formado</i>	<i>21</i>
<i>Industrias de aplicación</i>	<i>21</i>
<i>Propiedades térmicas.....</i>	<i>23</i>
<i>Temperatura.....</i>	<i>24</i>
<i>Medición de calor.....</i>	<i>24</i>
<i>Calor específico</i>	<i>24</i>
<i>Conductividad térmica</i>	<i>25</i>
<i>Expansión térmica</i>	<i>25</i>
<i>Transferencia de calor.....</i>	<i>26</i>
Temperatura y ciclo deformado	28
<i>Temperatura de desmolde.....</i>	<i>28</i>
<i>Límite inferior de operación.....</i>	<i>28</i>
<i>Temperatura de formado.....</i>	<i>28</i>
<i>Límite superior de operación.....</i>	<i>29</i>
Procesos de termoformado	29
<i>Molde en vacío.....</i>	<i>29</i>
<i>Molde y contra molde</i>	<i>29</i>
<i>Por láminas gemelas</i>	<i>30</i>
<i>Por soplado.....</i>	<i>30</i>
Materiales empleados para moldes en termoformado.....	30
Mecanismos.....	32
Máquinas simples.....	32
<i>Palanca.....</i>	<i>33</i>

<i>Polea</i>	34
<i>Rueda y eje</i>	34
<i>Tornillo de potencia</i>	35
<i>Engranés</i>	35
<i>Tornillo sin fin</i>	37
<i>Rodamientos</i>	39
Electromagnetismos	40
<i>Intensidad de campo magnético</i>	40
<i>Densidad de flujo</i>	41
<i>Curva B-H</i>	41
<i>Permeabilidad relativa</i>	42
<i>Ley de Faraday</i>	43
<i>Aplicaciones</i>	44
Corriente de Foucault	44
Pérdida por histéresis	46
Cocina a inducción	46
Capítulo III: Propuesta	47
Datos informativos de la propuesta	47
Pérdidas en el proceso tradicional	47
Diseño de moldes para termoformado	48
Cálculo y diseño de mecanismo	49
Selección de placa de inducción	50
Ensamblaje e instalación de la placa de inducción	52

Pruebas de funcionamiento.....	58
Capítulo IV: Análisis y resultados.....	62
Análisis de costos	62
Evaluación ambiental.....	66
Eficiencia energética.....	67
Actividad económica.....	67
Manual de funcionamiento	67
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	76
Conclusiones.....	76
Recomendaciones.....	77
Bibliografía	78
Anexos.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Materiales más comunes empleados en la industria de termoformado.</i>	31
Tabla 2. <i>Máquinas simples.</i>	33
Tabla 3. <i>Tiempo de producción de platos de cartulina.</i>	47
Tabla 4. <i>Datos del piñón</i>	49
Tabla 5. <i>Características de diseño de la máquina</i>	51
Tabla 6. <i>Características Smart Cooker</i>	51
Tabla 7. <i>Valores de producción sin proyecto</i>	62
Tabla 8. <i>Detalle de costo de máquina moldeadora de platos</i>	63
Tabla 9. <i>Costos de producción con proyecto</i>	64
Tabla 10. <i>Costo actual de venta</i>	65
Tabla 11. <i>Costo de venta con proyecto</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Empaques por termoformado.</i>	22
Figura 2. <i>Asiento de plástico con asa de cojín suave</i>	23
Figura 3. <i>Conducción de calor</i>	26
Figura 4. <i>Flujo de calor por convección</i>	27
Figura 5. <i>Técnica de molde y contra molde</i>	30
Figura 6. <i>Funcionamiento de la palanca</i>	34
Figura 7. <i>Engrane recto con eje paralelo</i>	35
Figura 8. <i>Engrane helicoidal con eje paralelo</i>	36
Figura 9. <i>Engrane cónico</i>	36
Figura 10. <i>Tornillo sin fin</i>	37
Figura 11. <i>Nomenclatura de los dientes de engranes rectos</i>	38
Figura 12. <i>Estructura de los rodamientos</i>	39
Figura 13. <i>Curva característica de B-H de vacío y de materiales no magnéticos</i>	42
Figura 14. <i>Curvas características de saturación B-H materiales magnéticos más utilizados</i>	43
Figura 15. <i>Corrientes generadas en por un flujo magnético CA</i>	45
Figura 16. <i>Corrientes parásitas</i>	45
Figura 17. <i>Estructura de una cocina de inducción</i>	46
Figura 18. <i>Molde para termoformado</i>	48
Figura 19. <i>Contra molde para termoformado</i>	49
Figura 20. <i>Ensamblaje molde macho con la cremallera</i>	52
Figura 21. <i>Ubicación correcta de la cremallera en el cuerpo de la máquina</i>	52
Figura 22. <i>Piñón de 40 dientes</i>	53
Figura 23. <i>Ensamble de piñón en eje</i>	53
Figura 24. <i>Chumacera</i>	54
Figura 25. <i>Chumacera izquierda</i>	54

Figura 26. <i>Chumacera derecha</i>	55
Figura 27. <i>Encuadre de piñón y cremallera</i>	55
Figura 28. <i>Ensamblaje de palanca y molde hembra.</i>	56
Figura 29. <i>Ensamble de la plancha de inducción</i>	57
Figura 30. <i>Colocación de control de la plancha de inducción al borde de la mesa</i>	57
Figura 31. <i>Colocación del material en el molde hembra.</i>	58
Figura 32. <i>Desplazo de molde macho para moldear la docena de platos.</i>	59
Figura 33. <i>Tiempo de espera para retirar el molde.</i>	59
Figura 34. <i>Finalización de tiempo</i>	60
Figura 35. <i>Retiro de molde macho</i>	60
Figura 36. <i>Retiro de material</i>	61
Figura 37. <i>Empacado de docena de platos de cartulina</i>	61
Figura 38. <i>Partes mecánicas de la máquina moldeadora por termoformado.</i>	68
Figura 39. <i>Partes mecánicas vista posterior de la máquina moldeadora por termoformado.</i>	69

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	24
Ecuación 2	25
Ecuación 3	25
Ecuación 4	38
Ecuación 5	38
Ecuación 7	38
Ecuación 6	38
Ecuación 8	40
Ecuación 9	41
Ecuación 10	41
Ecuación 11	42
Ecuación 12	42
Ecuación 13	43

Resumen

El presente proyecto plantea diseñar e implementar una máquina que cumpla con el proceso de modelar de forma específica platos de cartulina, cumpliendo con los requisitos solicitados por el propietario de la micro empresa Joe´s Fiesta que son de diseño, ergonomía y funcionamiento. La materia prima a moldear es cartulina dúplex, este material, previo al moldeado por termo formado, es impresa con varios diseños diferentes de acuerdo a la demanda del mercado, después es llevada al centro de troquelado en donde estas láminas de cartulina son cortadas en un mismo tamaño, luego son llevadas y descargadas al taller de producción, en donde se procede a realizar el armado, es aquí en donde entra la máquina moldeadora por termo formado, ya que el método de manufactura para armar específicamente los platos de cartulina, es de una manera artesanal y rústica, en el cual se implementa una máquina que pueda dar forma de un engrane cóncavo, a su vez permite ser empacado en un tamaño de funda específica que se puede encontrar en el mercado, además la máquina moldeadora por termoformado cumple con las dimensiones requeridas para así no afectar el rendimiento de los demás procesos, y así mejorar los tiempos de producción.

Palabras clave: Engrane cóncavo, termo formado, máquina moldeadora.

Abstract

This project proposes to design and implement a machine that meets the process of modeling cardboard plates in a specific way, meeting the requirements requested by the owner of the micro-enterprise Joe's Fiesta that are design, ergonomics and operation. The raw material to be molded is duplex cardboard, this material, prior to molding by thermoforming, is printed with several different designs according to market demand, then it is taken to the die-cutting center where these cardboard sheets are cut in a same size, then they are taken and unloaded to the production workshop, where the assembly is carried out. This is where the thermoforming molding machine comes in, since the manufacturing method to specifically assemble the cardboard plates is a traditional and rustic way, in which a machine that can shape a concave gear is implemented, in turn allows it to be packaged in a specific case size that can be found in the market, in addition the thermoforming molding machine complies with the dimensions required so as not to affect the performance of the other processes, and thus improve production times.

Keywords: Concave gear, thermoforming, molding machine.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La microempresa Joe´s Fiesta abrió su primera sucursal en el año 2000 caracterizándose en la venta de artículos para fiestas infantiles, en sus inicios contaba con una gran cantidad de empleados, ya que sus productos después del proceso de impresión y troquelado, llegaban al taller en donde estos empleados se dedicaban a empacar y distribuir los diferentes items, esto le conllevaba a una baja rentabilidad por la gran suma con respecto a sueldos.

Teniendo en cuenta que sus productos son armados de manera manual hay pérdidas por mal proceso de fabricación y deformación, por lo cual, la micro empresa empezó a buscar maneras de mitigar estas con la implementación de maquinaria, mejorando la manufactura del producto, la calidad para el consumidor final y minimizar los tiempos de producción.

El ítem en el que se enfoca es el de platos de cartulina, en la actualidad su manera de dar forma es por medio de una gran cantidad de mano de obra, el proceso es de enganchar cada esquina del plato uno por uno, conllevando un gran gasto de recursos en la entrega en tiempos elevados.

En proceso para dar forma a un material determinado mediante la implementación de temperaturas elevadas y de una presión específica se llama termoformado, este fue desarrollada a partir de la finalización de la segunda guerra mundial, el cual con moldes de metal o de vidrio daban forma a fibras naturales o plásticas con el fin de obtener una mejor manufactura, producir productos más útiles y rentables. (Andagoya & Guacan, 2018). Este proceso de manufactura llegó a tener tanta confianza que en la actualidad es una enorme línea de producción que conllevaban a tener una gran cantidad de mano de obra, a reducirse a una

máquina y un operario, ya estos procesos son controlados con sensores y actuadores calibrados, con el fin de obtener un producto confiable y rentable. (Plastiglas, 2016)

Justificación

En el Ecuador alrededor del 30% de la población posee un negocio nuevo o reciente, esto aumento debido a la crisis que provoco la pandemia del COVID-19 promoviendo el nacimiento de nuevas micro empresas o emprendimientos que se asemejan al que cuenta Joe´s Fiestas, por ende, se vio en la manera de mirar otro rumbo para el armado de los platos de cartulina, ya que este ítem es uno de los que más cantidad de mano de obra y recursos necesita, siendo así el nacimiento de una nueva idea, el cual por medio del termoformado se puede llevar a cabo sin necesidad de contar con varios empleados, esta máquina existe en el mercado informal sin tener un crecimiento adecuado devino a los daños que produce esta maquinaria rústica a la materia prima, por esto mediante un diseño computacional se prevé poder minimizar estos desperdicios, y así aumentar la capacidad de producción de platos de cartulina con una alta calidad para el consumidor final.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar e implementar una máquina de moldeadora de platos de cartulina, para la microempresa Joe's fiesta, ubicada al norte de quito, barrio Calderón.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de eficiencia energética y de procesos de manufactura con respecto al moldeo de platos de cartulina en la microempresa Joe´s Fiesta.
- Realizar el diseño de una máquina moldeadora con la asistencia de un software CAD, garantizando un diseño perfeccionado, ergonómico y aplicable al lugar de trabajo.
- Seleccionar los materiales y accesorios necesarios para los moldes de matriz de la máquina.

- Realizar pruebas de maniobra para garantizar el buen funcionamiento y resistencia de los materiales de la máquina.
- Implementar el manual de funcionamiento para dominio de cualquier operario que se ponga en frente de la máquina, además del proceso de mantenimiento.

Capítulo II

Marco Teórico

Introducción

Se conocen varias técnicas de formación de placas desde principios del siglo XX, y los materiales incluyen metal, vidrio y fibras naturales. Los verdaderos principios del termoformado surgieron con el desarrollo de materiales termoplásticos durante la Segunda Guerra Mundial. Los años de la posguerra trajeron un gran comercio y el rápido desarrollo de maquinaria y equipos que podían adaptarse a los métodos de producción modernos para producir productos más útiles y rentables.

En la actualidad el termoformado es un proceso de alto rendimiento para la producción de plásticos semielaborados, desde envases hasta componentes para electrodomésticos y la industria automotriz. El proceso es adecuado para ciertos tipos de cartón, uno de los cuales es de doble cara, se utiliza comercialmente para moldes y envases de alimentos, este material se forma a una determinada temperatura y en un determinado tiempo de presión.

El termo formado

El termoformado, o termo conformado, es una técnica de moldeo utilizada para producir una variedad de productos, incluida la vajilla. (Applus, 2020)

El proceso consiste en calentar una lámina termoplástica, como PET o PVC, con un radiador para que pueda moldearse fácilmente y hacerse más flexible. Luego, la hoja se coloca sobre aluminio, madera u otro material que haya sido impregnado y burbujeado (es decir, hojas termoformadas). Después de la formación, la lámina termoformada se perfora o corta para separarla en paquetes individuales. Todos estos procesos se realizan en termo formadoras.

Industrias de aplicación

Las industrias en las cuales se ocupan las técnicas de termoformado en la actualidad son inmensamente numerosas, tales que las industrias de empaques, alimenticia y automotriz

siguen siendo líderes en la utilización de este método de manufactura, con la finalidad de remplazar los procesos tradicionales de fabricación.

Empaques. Desde el inicio del proceso de termoformado, la industria del embalaje se ha beneficiado al máximo de la alta productividad y las ventajas rentables que ofrece.

Actualmente, la mayoría de las máquinas de envasado (blíster) son alimentadores automáticos de alta velocidad. Conocidos como selladores de relleno de forma, estos dispositivos se utilizan para envasar cosméticos, fiambres, refrescos, confitería, papelería y otros productos.

Figura 1

Empaques por termoformado.



Nota. La presente figura ejemplifica empaques utilizados cotidianamente mediante el proceso de termoformado en la actualidad. Tomado de (RSPMEXICO)

Los productos termoformados se utilizan ampliamente en la industria de comida para llevar y se encuentra en constante crecimiento, ya que abarcan desde envases de comida completos (envases de porciones) hasta envases para hamburguesas, sándwiches, refrescos y más.

Alimenticia. Los supermercados son los principales consumidores de envases termoformados. El material utilizado es un termoplástico de bajo coste. Estos están delineados para ser apilados o colocados de diferentes formas. Por ejemplo: recipientes para carnes, entrañas de animales, fruta, huevos, verduras.

Automotriz. Los vehículos de transporte estatal y privado, como camiones, trenes, trenes subterráneos, aviones y automóviles, están equipados con muchas piezas de plástico prensadas en caliente. La mayoría de ellos se utilizan para acabados interiores o piezas exteriores no estructuradas. Asientos, respaldos, reposabrazos, puertas, mesas de servicio, parabrisas, protectores de engranajes, protectores, alerones, etc.

Figura 2

Asiento de plástico con asa de cojín suave



Nota. El asiento de plástico con cojín suave se fabrica mediante tecnología de moldeo por soplado, moldeado por una vez. Tomado de (*BESTSEATCHAIRS*)

Propiedades térmicas

Los semblantes menos considerados de la práctica del termoformado son las propiedades térmicas del polímero, que es una de las consideraciones más importantes y relevantes en el proceso. Una comprensión profunda de estos factores reducirá los riesgos de

una preproducción prolongada o productos ambientalmente inadecuados, con ello las propiedades térmicas a considerar para el proceso de termoformado son:

Temperatura

La temperatura mide le cuán "caliente" o "frío" se encuentra un objeto. Necesario para establecer los rangos de temperatura, se toman como parámetros las propiedades del agua, especialmente los puntos de fusión y de ebullición del agua. Existen tres escalas de medida de temperatura de una sustancia, estos se miden en grado y se diferencias por su nombre, estos son Celsius (°C), Fahrenheit (°F) y Kelvin (°K).

Medición de calor

El calor es una forma de energía, por lo que la unidad física adecuada para calcular el calor es la semejante que la energía mecánica, que es el Joule. En la analogía con una escala de temperatura, el agua se usa como cuantificación de la materia para determinar la unidad de calor. La suma de calor necesaria para subir la temperatura en 1 kg de agua a 1 grado (actualmente se considera de 14,5 °C a 15,5 °C) se define como 1 caloría (cal).

Calor específico

El calor específico en una unidad de masa se denota con la letra **c** y se reduce a la cantidad de calor que debe aplicarse para aumentar su temperatura, mejor expresada en la siguiente ecuación

$$Q = mc\Delta t \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q: Cantidad de energía calorífica perdida o ganada (J)

m: Masa

c: Capacidad calorífica especifica de la sustancia (J/kg*°C)

Δt : Variación de temperatura de la sustancia (°C)

Conductividad térmica

La conducción térmica es la transferencia de calor de una zona de alta temperatura a una de baja temperatura. La propia característica que define la capacidad que tiene un material para transferir calor se la conoce como conductividad térmica. Se define como la siguiente expresión (Callister, 2007)

$$q = -k \frac{dT}{dx} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

q : es el flujo de calor (W/m^2)

k : la conductividad térmica ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$)

$\frac{dT}{dx}$: el gradiente de temperatura a través de medio conductor

La ecuación (Ec. 2) es negativa ya que el gradiente de temperatura viaja del más caliente al más frío.

Expansión térmica

En su mayoría, los materiales sufren una elongación al ser sometidos a diversos cambios de temperaturas, estos cambios se los conoce como expansión térmica. Debido a que la velocidad de las partículas internas es acelerada por una elevación de temperatura, provoca mayor distancia entre partículas. Considerando una elongación lineal se le puede expresar de la siguiente manera

$$\Delta L = \alpha L_o (T - T_o) \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

ΔL : expansión lineal

α : coeficiente de expansión lineal

L_o : longitud inicial a una temperatura inicial

T_o : temperatura inicial

T : temperatura final

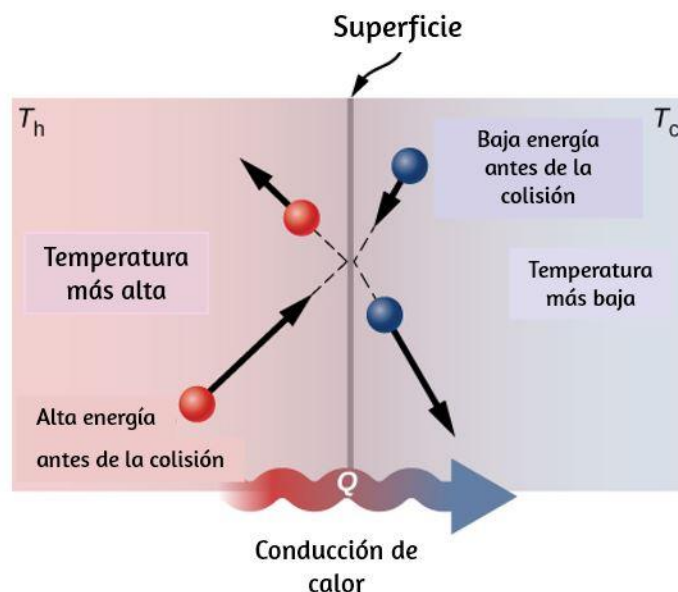
Transferencia de calor

Fenómeno físico que ocurre cuando dos cuerpos con diferente temperatura se ponen en contacto provocando una transferencia de calor desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor, hasta llegar al equilibrio térmico donde la temperatura es constante, este mecanismo puede darse mediante conducción, convección y radiación. (Adrián & Carballo, 2018)

Conducción. Mecanismo donde interviene la actividad molecular del cuerpo, a mayor temperatura las moléculas vibran con mayor rapidez y chocan con las moléculas menos energéticas provocando la transferencia de energía y produciendo un flujo de calor. Los metales como el hierro, cobre, acero, oro y plata molecularmente poseen una gran cantidad de electrones que se mueven libremente y permiten el paso rápido de calor en el cuerpo esta característica es conocida como conductividad térmica del material.

Figura 3

Conducción de calor

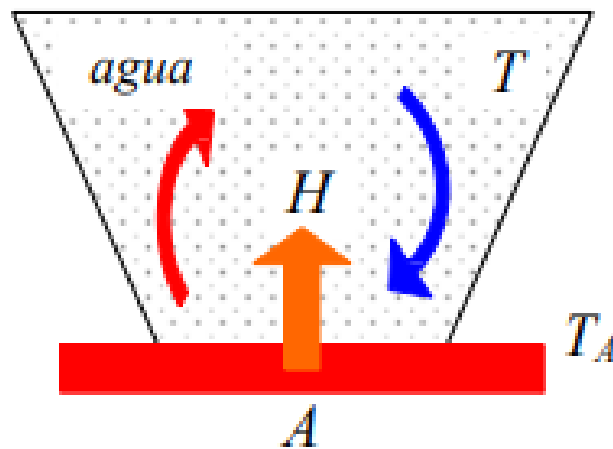


Nota. Tomado de (Rivera Berrío, 2018)

Convección. Mecanismo de transferencia de calor que depende de la densidad, viscosidad y velocidad del fluido y se da en dos momentos de manera simultánea, el movimiento molecular y la transferencia de energía, el movimiento del fluido puede darse por una gradiente de densidad (presente en la naturaleza) o debido a diferencia de presión generada de manera externa por una bomba o ventilador. Las propiedades térmicas del fluido como el calor específico y a conductividad térmica influyen en la transferencia de calor (Adrián & Carballo, 2020).

Figura 4

Flujo de calor por convección



Nota. El flujo de calor por convección es positivo ($H > 0$) si el calor se transfiere desde la superficie de área A al fluido ($T_A > T$) y negativo si el calor se transfiere desde el fluido hacia la superficie ($T_A < T$). Tomado de Mecanismos de Transmisión de Calor (CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN, RADIACIÓN), s/f).

Radiación. A diferencia de los anteriores métodos de transferencia de calor conducción y convección, que involucran la transferencia de energía por medio de un material físico, el calor además puede transferirse a zonas donde existe un vacío perfecto.

En este caso, el mecanismo es una radiación electromagnética que se propaga como consecuencia de la diferencia de temperatura; a esto se la conoce como radiación térmica. (Holman & Valenzuela M., 1998)

Temperatura y ciclo deformado

Las temperaturas y sus ciclos se dividen en tres, temperatura de desmolde, límite inferior de operación, temperatura de forado y límite superior de operación.

Temperatura de desmolde

La temperatura de desmolde es la cual permite que la pieza sea removida sin perder su forma ni presentar distorsión.

Límite inferior de operación

Es la temperatura más baja en la cual el material puede ser formado sin presentar ningún tipo de esfuerzo interno, para ello previo a que la máquina llegue alcanzar esta temperatura el material debe alcanzar todas las esquinas del molde para evitar esfuerzos que puedan deformar el material.

Temperatura de formado

Es la temperatura en la cual el material es moldeado de acuerdo a la operación normal, esta operación es debido a que todo el material alcanza la temperatura normal de moldeo, en lo general este proceso se lo ocupa en soplado o vacío, este ciclo es más corto ya que las temperaturas de trabajo son más bajas siempre y cuando el material sea delgado.

Límite superior de operación

El límite superior de operación es cuando la temperatura hace que el material se degrade, o sea muy fluido siendo de difícil manipulación. Esta temperatura se puede alcanzar para dar diferentes tipos de acabados, comúnmente en plásticos. Los procesos de inyección y extrusión son los procesos que ocupan comúnmente este límite de operación superior en periodos muy cortos.

Procesos de termoformado

Los procesos de termoformado son varios y cada uno influye en un acabado final, considerando al material a trabajar, los procesos son de acuerdo a las técnicas de termoformado estas son las siguientes: (Plásticosol, 2017)

Molde en vacío

Esta técnica utiliza el vacío previo a que el material plástico sea calentado para que sea flexible, posterior al calentamiento la máquina extrae el aire provocando un vacío y obligando al material abrazar un molde específico. (Capella, 2016)

Por presión. Este proceso es similar al de vacío, con la diferencia que se aumenta un paso más el cual una prensa o fuerza externa aplica presión al molde cuando el aire ya está extraído, con la finalidad de alcanzar un mejor acabado y mayor detalle. (Plastiglas, 2016)

Mecánico. El termoformado mecánico permite la aplicación de mayor fuerza mediante un molde macho. Para ocupar esta técnica primero se precalienta el material para posterior insertar presión con el molde macho a un espacio en específico con esto alcanzar la forma deseada y tiene mayor detalle en el acabado final. (Plastiglas, 2016)

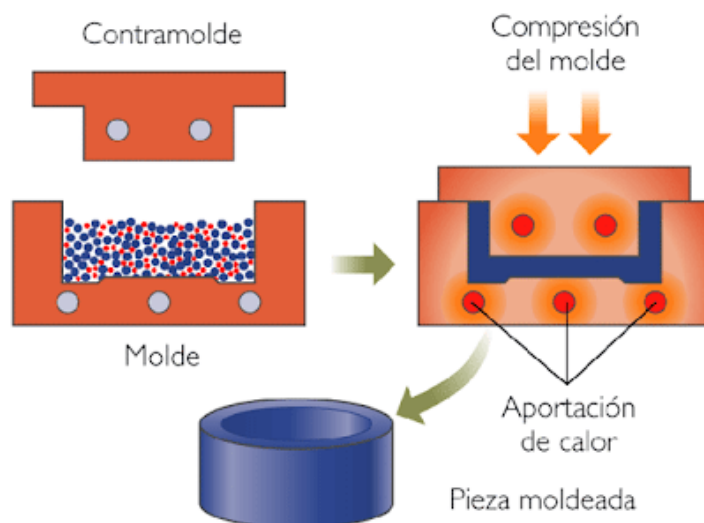
Molde y contra molde

Este proceso de termoformado ocupa dos moldes uno macho y otro hembra, es proceso consiste en calentar el material para insertar presión al mismo con un molde macho y que

encaje en un hembra con la finalidad de alcanzar la figura requerida, este proceso alcanza un buen acabado final in importar el grosor del material (Plastiglas, 2016)

Figura 5

Técnica de molde y contra molde



Nota. El gráfico indica el proceso de la técnica de molde y contra molde con temperatura.

Tomado de *(El mundo de los plásticos)*

Por láminas gemelas

Este proceso consiste en calentar el material para moldear a dos capas combinadas, posterior se unen con la finalidad de formar un solo objeto. Este proceso es ideal para fabricar objetos huecos.

Por soplado

El proceso de termoformado por soplado tiene como finalidad de obtener objetos huecos, este proceso consiste en ingresar el suficiente material precalentado a un molde específico para posteriormente inyectar aire comprimido y así moldear el material.

Materiales empleados para moldes en termoformado

El termoformado no ocupa temperaturas muy elevadas al contrario del proceso de inyección, por esto los materiales para moldes son muy diversos desde maderas hasta

metales, esto netamente depende de la frecuencia de uso, presión sometida y materiales a modelar. En la siguiente tala se encuentra los materiales más utilizados como moldes en la industria del termoformado.

Tabla 1

Materiales más comunes empleados en la industria de termoformado.

GRUPO	MATERIAL	PRODUCCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Maderas	Aglomerado, pino, caoba, maple, cedro	Baja	Bajo costo y tiempo de fabricación corto	Absorbe humedad, deja betas en el material, los moldes con aglomerado tienen más duración
Minerales	Yeso, cemento	Media baja	Mayor resistencia a los de madera, alta resistencia, se le puede reforzar en su interior	Con el uso puede desprender el reforzamiento interior y dañar la pieza
Resinas plásticas	De poliéster, epóxica, laminado plástico y nylon	Media	Ofrecen mayor duración, mejor acabado final	Son más costoso que los de minerales y maderas, no es muy conductor de calor
Metálicas	Aluminio, cobre, acero	Alta	Resisten gran cantidad de producción, altas presiones	Tiempos de producción más largos, no se enfría rápidamente, son costosos

Mecanismos

Los mecanismos son el conjunto de elementos de una máquina, estos son capaces de transformar o transmitir movimientos y fuerzas de un elemento a otro, esos pueden ser: (Galindo & Durán, 2018)

- Lineal
- Alternativo
- De rotación
- Oscilante

Los mecanismos son capaces de transformar movimientos, modificar las fuerzas, variar en la velocidad y en dirección además de acumular energía (McGraw-Hill, 2018).

Máquinas simples

Dispositivo creado por el ser humano para reducir y facilitar el trabajo, De manera básica toda máquina está formada por un conjunto de mecanismos simples como palanca, polea, rueda, eje, tornillo, engranas, acoplamiento y rodamientos. La máquina según su diseño y características se basan en la transformación, transferencia de energía, cambiar o multiplicar una fuerza o multiplicar o dividir la velocidad.

Las máquinas simples son conformadas por un solo elemento, en ella se cumple la ley de conservación de la energía, *“La energía no se crea ni se destruye, únicamente se transforma”*, así la fuerza aplicada será igual al trabajo.

Tabla 2*Máquinas simples.*

Plano inclinado	Se aplican rampas, cuñas con la finalidad de romper la resistencia que vertical del peso del objeto.
Palanca	Es una barra rígida que tiene un punto de apoyo, la fuerza ejercida sobre esta hará girar a la barra sobre el punto de apoyo.
Rueda	Es capaz de romper el rozamiento de un cuerpo al moverse.

El mecanismo es el medio por el cual la máquina transmite y transforma movimientos o fuerza desde el elemento motriz hasta el elemento conducido. (McGraw-Hill, 2018). El movimiento del mecanismo puede ser:

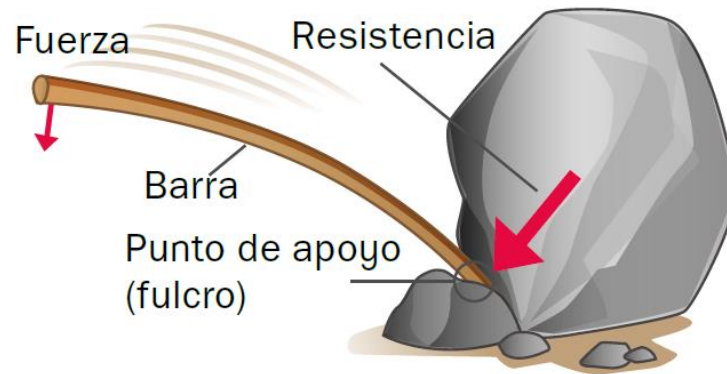
- Lineal, como en el caso de una polea que sigue una trayectoria lineal.
- Alternativo, sigue la trayectoria lineal, pero de avance y retroceso.
- Rotación, la trayectoria es en circunferencia.
- Oscilante, la trayectoria es de arco en avance y retroceso

Palanca

Es un objeto o barra rígida que gira en torno a un punto de apoyo reduciendo el trabajo y multiplicando la fuerza mecánica sobre el objeto. La palanca se divide en cinco partes, potencia (fuerza aplicada), resistencia, punto de apoyo, entrada del esfuerzo y salida de carga. (McGraw-Hill, 2018).

Figura 6

Funcionamiento de la palanca.



Nota. Tomado de *Mecanismos en instalaciones artísticas*, (Galindo & Durán, 2017)

Polea

Es un mecanismo combinado por una rueda q gira entorno de un eje y la correa o cuerda que se encuentra dentro del carril de la rueda. El trabajo que tienen las poleas es de reducir el esfuerzo obteniendo ventajas mecánicas, estas pueden ser fijas móviles y compuestas.

- Fijas. - cambia la dirección de la fuerza aplicada sin obtener ayuda mecánica
- Móviles. - la cuerda o banda en uno de sus extremos esta fija, se utiliza para minimizar la fuerza aplicada, la ventaja mecánica es ayuda a disminuir su fuerza a la mitad.
- Compuesta. - está formada por poleas fijas y móviles, su ventaja está relacionada con el número de poleas del sistema.

Rueda y eje

Las ruedas pueden ser de fricción o de cadena, en el primer caso las ruedas transmiten el movimiento circulas por rozamiento entre ejes próximos, normalmente se utiliza materiales antideslizantes. Las ruedas de cadena se tratan de una rueda dentada que encaja en una cadena que permite transmitir el movimiento, los ejes tienen que estar paralelos, en este sistema se puede modificar la fuerza y velocidad, pero no el sentido del giro.

Tornillo de potencia

Los tornillos de potencia están formados por un cuerpo cilíndrico, sobre en él se enrolla un plano inclinado en forma de rosca lo que permite elevar o empujar un objeto cuando se desliza a la largo del cuerpo. Normalmente los tornillos de potencia presentan un rozamiento elevado por la fricción generada entre la superficie del cuerpo y el tornillo, este es uno de los principales factores de desgaste

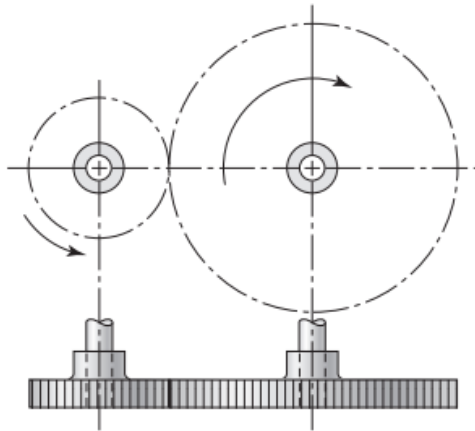
Engranés

Son ruedas dentadas que sirven para transmitir potencia mecánica entre dos o más elementos, los tipos de engranes son los siguientes:

Engranés rectos. Está conformado por dientes paralelos al eje de rotación, su transmisión es en paralelo entre ejes.

Figura 7

Engrane recto con eje paralelo.

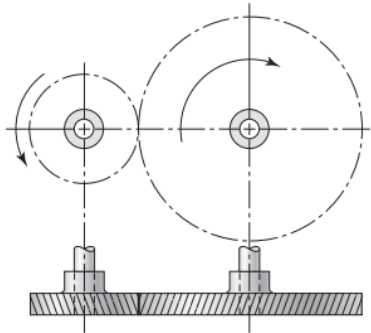


Nota. Tomado de (Diseño en ingeniería mecánica de Shigley), (Budynas & Keith Nisbett, 2012)

Engranés Helicoidales. Formado por dientes inclinados al eje de rotación, son más silenciosos que los rectos en las mismas aplicaciones, soportan mayores esfuerzos y se suelen utilizar para transmitir movimiento entre ejes no paralelos.

Figura 8

Engrane helicoidal con eje paralelo.

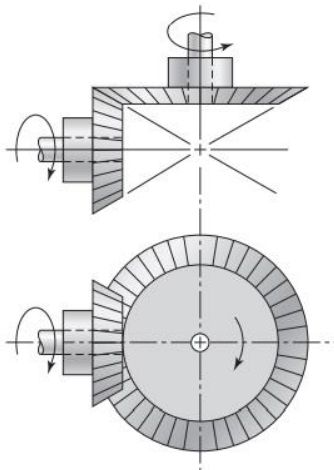


Nota. Tomado de (Diseño en ingeniería mecánica de Shigley), (Budynas & Keith Nisbett, 2012)

Engrane cónico. Sus dientes forman una figura conca, se utiliza para transmitir movimiento entre ejes que se intersecan.

Figura 9

Engrane cónico.



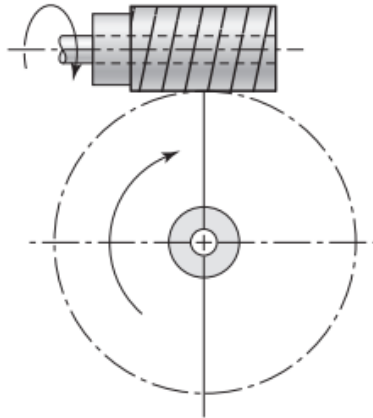
Nota. Tomado de (Diseño en ingeniería mecánica de Shigley), (Budynas & Keith Nisbett, 2012).

Tornillo sin fin

El tornillo sin fin transmite su movimiento entre ejes que son perpendiculares entre sí.

Figura 10

Tornillo sin fin.



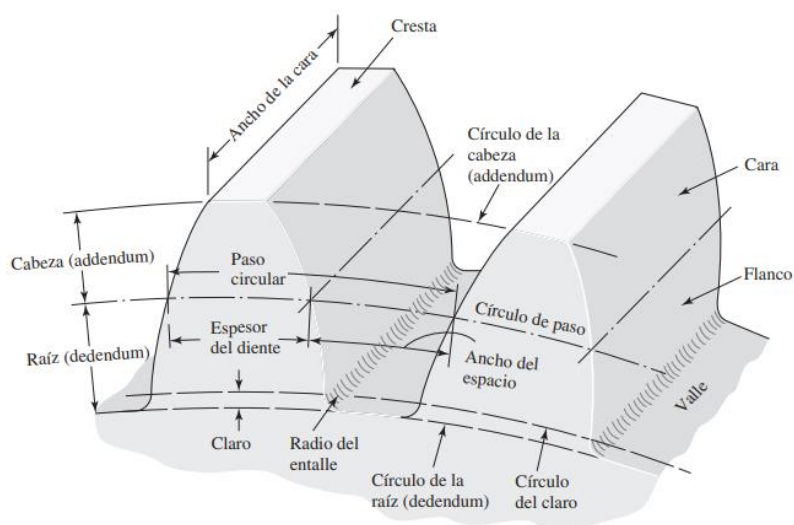
Nota. Tomado de (Diseño en ingeniería mecánica de Shigley), (Budynas & Keith Nisbett, 2012).

Nomenclatura

- Paso circular (p). – es la medida que existe entre dientes.
- Módulo (m). – es la relación del diámetro de paso con el número de dientes.
Señala el tamaño de los dientes.
- Paso diametral (P). – esta relaciono con el número de dientes respecto al diámetro de paso.
- Addendum. – es la distancia entre la cresta y el cirulo de paso.
- Dedendum. – es la distancia radial desde el fondo hasta el circulo de paso.

Figura 11

Nomenclatura de los dientes de engranes rectos.



Nota. Nomenclatura y partes del engrane recto. Tomado de (Diseño en ingeniería mecánica de Shigley), (Budynas & Keith Nisbett, 2012).

Las ecuaciones que determinan la validez de la nomenclatura son las siguientes:

$$P = \frac{N}{d} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$m = \frac{d}{N} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$p = \frac{\pi * d}{N} = \pi * m \quad \text{Ecuación 5}$$

$$p * P = \pi \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

P = es el paso diametral, dientes por pulgada

N = es el número de dientes

d = diámetro de paso en pulgadas

m = es el módulo en milímetros

p = es el paso circular

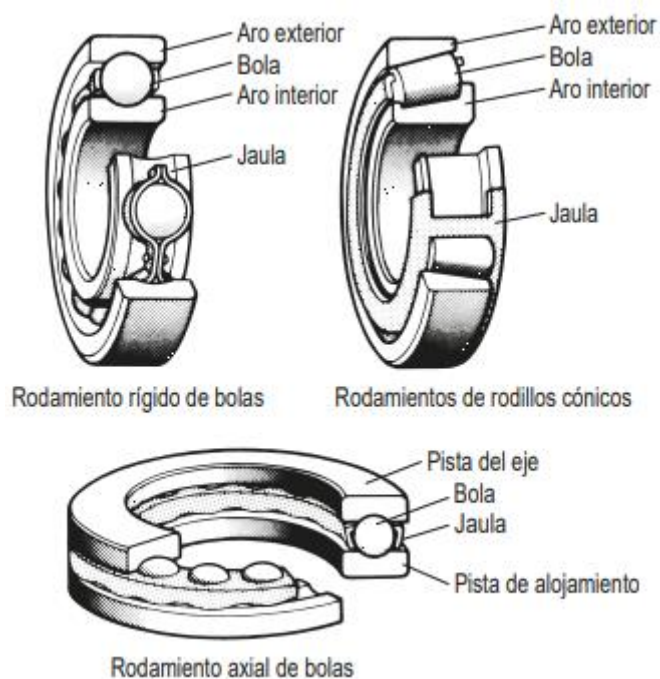
Rodamientos

Los rodamientos son elementos encargados de soportar ejes o cojinetes con la finalidad de mitigar la fricción entre las partes, además soportan cargas combinadas tales como las radiales y axiales, además de su mantenimiento ser simple, puede trabajar a altas temperaturas sin necesidad de requerir mantenimientos rigurosos. Los rodamientos pueden ser de bola o de rodillos.

Las partes de los rodamientos sin importar sus condiciones son tres, los aros de rozamiento, elementos rodantes y la jaula.

Figura 12

Estructura de los rodamientos.



Nota. Representación de las partes de los rodamientos sin importar su tipo. Tomado de *Rodamientos de bolas y rodillos*, (Koyo, 2001)

Rodamiento de bolas. Están formados por esferas rodantes, dentro de la separación de dos pistas o anillos rodantes, sirven para disminuir la superficie de contacto y la fricción en los planos móviles, así disminuyendo el coeficiente de fricción.(NSK, 2020). Los más utilizados son:

- De contacto angular
- Rígido de bolas
- Cuatro puntos de contacto
- De bolas auto alineales

Rodamientos de rodillos. Es un rodamiento que en el lugar de utilizar bolas utiliza rodillos, por lo general resisten mayores cargas radiales, diseñados para trabajar con mayor carga. (GGB, 2019). Los más utilizados son:

- De rodillo cilíndrico
- De agujas
- Cónicos
- Esféricos o barril

Electromagnetismos

Intensidad de campo magnético

Quando existe un flujo magnético presente en un cuerpo o componente, es debido a la presencia de la intensidad del campo magnético “ H ”, dada por la siguiente ecuación:(Theodore, 2007)

$$H = \frac{U}{l}$$

Ecuación 8

Donde

H = es la intensidad del campo magnético en [A/m]

U = Amper por vuelta o la fuerza electromotriz que actúa en el componente en [A]

l = es la longitud del componente [m]

Densidad de flujo

La densidad de flujo resultante magnético, está determinada por la siguiente ecuación:(Theodore, 2007)

$$B = \frac{\varphi}{A}$$

Ecuación 9

Donde:

B = es la densidad de flujo [T]

φ = flujo presente en el componente [Wb]

A = la sección transversal del componente [m²]

Curva B-H

La curva B-H en vacío está relacionada a una relación directamente proporcional entre la densidad de flujo magnético con la intensidad de campo magnético, expresada por la siguiente ecuación:(Theodore, 2007)

$$B = \mu_0 * H$$

Ecuación 10

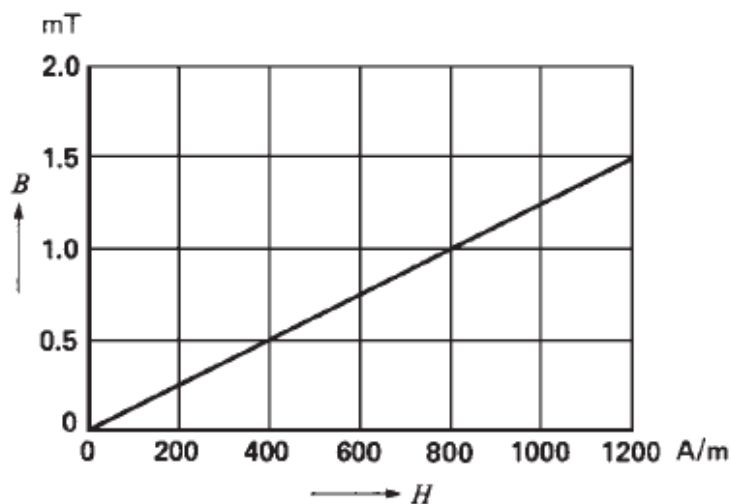
Donde:

μ_0 = es la constante magnética o permeabilidad del vacío [$4\pi \times 10^{-7}$] [Henry/metro]

Considerando que en vacío nunca se satura no tiene importancia la cantidad de flujo, los materiales no ferrosos tienen la curva B-H semejante a la del vacío. Figura 6.

Figura 13

Curva característica de B-H de vacío y de materiales no magnéticos



Nota. Tomado de (Theodore, 2007)

La curva magnética en materiales magnéticos depende de la intensidad de campo magnético, el cual está definido por la siguiente ecuación:

$$B = \mu_0 * \mu_r * H$$

Ecuación 11

Donde:

μ_r =es la permeabilidad relativa del material

La permeabilidad relativa del material convierte a la curva B-H ya no en constante, sino que varía con la densidad del flujo del material.

Permeabilidad relativa

La permeabilidad relativa μ_r de cada material está dada por la relación de la densidad de flujo y la densidad de flujo que se produciría en el vacío de cada uno, con la misma intensidad de campo magnético, se determina mediante la ecuación aproximada siguiente:

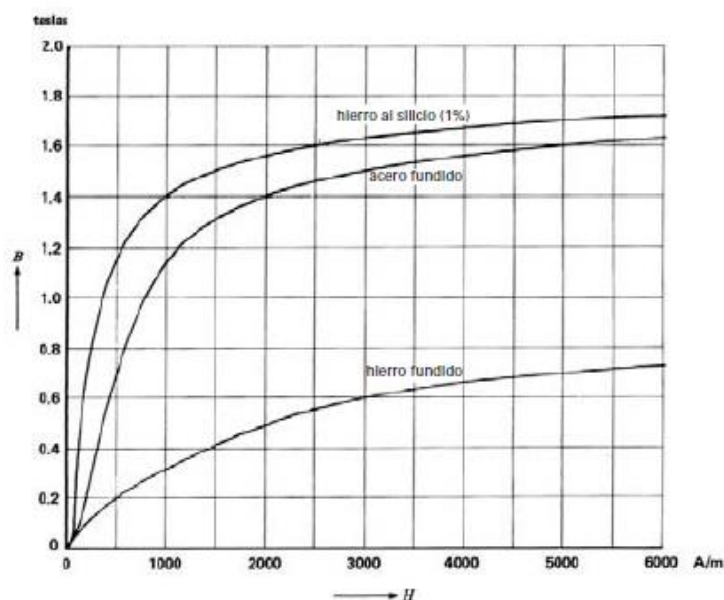
$$\mu_r \approx 800000 * \frac{B}{H}$$

Ecuación 12

Con esta ecuación se puede determinar las curvas características B-H de los materiales, como se muestra en la figura 7.

Figura 14

Curvas características de saturación B-H materiales magnéticos más utilizados.



Nota. Tomado de (Theodore, 2007)

Ley de Faraday

La ley de Faraday de inducción electromagnética, demostró una fundamental relación entre el voltaje y el flujo en el circuito, la ley de Faraday establece que:(Theodore, 2007)

“Si el flujo que vincula un lazo (vuelta) cambia como una función de tiempo, se induce un voltaje en sus terminales”

“El valor de voltaje inducido es proporcional a la velocidad de campo de Flujo”

Cuando un flujo en un lazo varía a la razón de 1 weber por segundo se induce 1 V entre sus terminales, si varía dentro de un bobinado con N número de vueltas, el voltaje inducido se representa por:

$$E = N * \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Ecuación 13

Donde:

E = es el voltaje inducido [V]

N = número de vueltas en la bobina

$\Delta\phi$ = es el cambio de flujo al interior de la bobina [Wb]

Δt = tiempo durante cambia el flujo [s]

Aplicaciones

La ley de Faraday abrió la puerta a sinnúmero de aplicación, las cuales hoy en día se utilizan al diario vivir como principales están la operación del transformador, generadores, motores de inducción y cocinas de inducción.

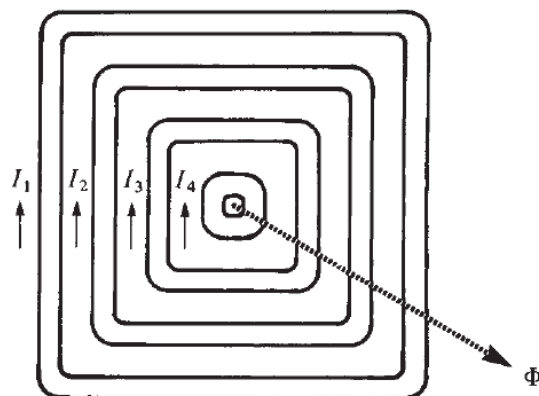
- Generador. – es una máquina rotativa eléctrica que transforma una energía mecánica del exterior a energía eléctrica, esto se lo puede hacer gracias a rotor que es la parte giratoria y al estator.
- Transformador. – es una máquina estática que reduce o eleva el nivel de voltaje, esto debido a sus bobinados primario y secundario, que según el número de vueltas garantiza una salida.
- Motores. - los motores de inducción son igual que el generador tiene una parte fija y una móvil, la diferencia es que ahora trasforma la energía eléctrica a una energía mecánica.
- Cocina de inducción. – genera un campo magnético a un material ferromagnético provocando un movimiento interno de partículas.(Areatecnologia, 2019)

Corriente de Foucault

En las corrientes de Foucault o corrientes parásitas, si se considera un flujo magnético CA en un conductor por la ley de Faraday va a generar un voltaje inducido E , si al conector se coloca en cortocircuito va a generar una corriente alterna que hará que el conductor se caliente. Si se coloca varios conductores dentro del flujo magnético generara el número de corrientes de acuerdo al número de conductores.(Theodore, 2007)

Figura 15

Corrientes generadas en por un flujo magnético CA

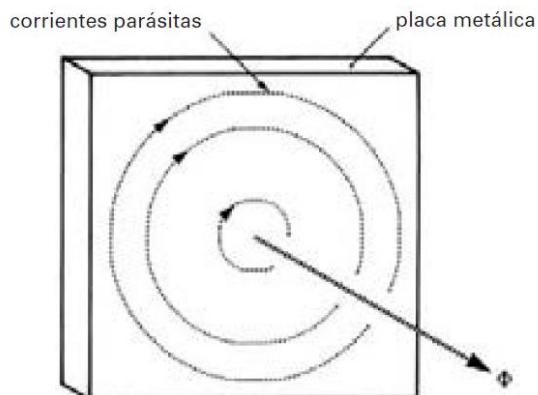


Nota. Los conductores conducen corrientes producidas por un flujo magnético. Tomado de *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*, (Theodore, 2007)

Si el flujo de CA pasa por una placa metálica sólida, esto equivale a numerosos conductores apretados y tocándose entre sí, al interior se generan corrientes que siguen una misma trayectoria, estas corrientes (Corrientes de Foucault) pueden ser muy grandes por la baja resistencia de la placa, por ende, una placa metálica que es penetrada por un flujo CA puede calentarse. (Theodore, 2007)

Figura 16

Corrientes parásitas.



Nota. Tomado de *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia* (Theodore, 2007)

Pérdida por histéresis

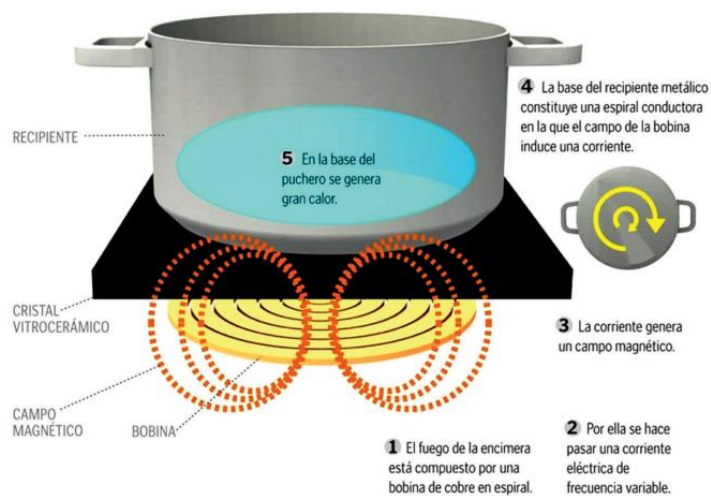
Los transformadores y motores eléctricos operan con corriente alterna, en estos equipos el flujo de corriente cambia en el entrehierro continuamente tanto en dirección como en magnitud, están delimitados a una velocidad de cambio esta es la de la frecuencia, este cambio sucesivo genera calor que es absorbido por el material magnético, en los transformadores para mitigar las pérdidas por histéresis se seleccionan materiales como acero al silicio.

Cocina a inducción

Las cocinas de inducción funcionan gracias a la generación de un campo magnético creado por una corriente eléctrica CA, este campo induce una corriente de Foucault a un circuito cerrado generando calor. El circuito cerrado debe ser de baja resistencia y ferromagnético con la finalidad de aprovechar la histéresis ferromagnética. (Tama, 2017).

Figura 17

Estructura de una cocina de inducción.



Nota. Tomado de Cocina De Inducción Versus Cocina A Gas GLP, (Tama, 2017)

Capítulo III

Propuesta

Datos informativos de la propuesta

La producción de platos de cartulina es una de las que tienen un mayor costo de producción, ya que al momento de armar estos, se los hace manera unitaria, para posteriormente ser empacados por docena y así ser distribuido a diferentes sectores del Ecuador, en la siguiente tabla 1 se presenta la cantidad de platos de cartulina despachados y el tiempo de producción que lo conlleva a su armado y empaquetado, tomando en cuenta a una persona con experiencia mínima para el armado y empaquetado.

Tabla 3

Tiempo de producción de platos de cartulina.

Producto	Cantidad unitaria	Tiempo (min)		Tiempo total	Número de personal empleado
		Armado	Empacado		
Platos de cartulina	12	15	2,5	17,5	1
	24	32	5,2	37,2	
	36	49	8,3	57,3	

Nota. Esta tabla toma valores referenciales considerando a una persona con experiencia mínima en el armado y empaquetado de platos de cartulina.

Pérdidas en el proceso tradicional

En la tabla 1 se demuestra el tiempo que toma en el armar y empaquetar las docenas de platos de cartón, se considera con personas con una mínima experiencia en este proceso, por

ende, existen pérdidas que sumados en masa es significativa para la microempresa, ya que por un mal armado no tienen la forma específica diseñada y son consideradas desperdicios.

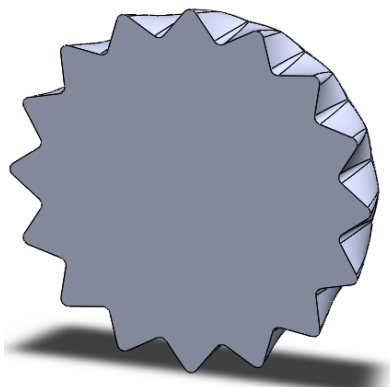
La producción con una persona con un mínimo de experiencia en este proceso se puede considerar que se generan una unidad de desperdicio cada 18 platos de cartón armado, que representa un 5% en pérdidas en materia prima. Considerando que existe otro diseño y metodología de moldeo esta a su vez redujo las pérdidas en una unidad cada 12 platos representando un 4% con dicha metodología, no obstante, en esta metodología de fabricación genera desperdicios en vectores energéticos, la utilización de GLP para brindar calor y modelar, no es el más adecuado, ya que el 100% de este calor no es ocupado en su totalidad sino se ve irradiado en su entorno sin focalizar en el punto de interés (molde), por esta razón se ocupan 3 cilindros de GLP al mes de 15 kg para la elaboración y despacho de este producto.

Diseño de moldes para termoformado

La micro empresa Joe´s Fiestas requiere un diseño específico, en forma de un engrane cóncavo de 11 cm de diámetro interior y 13,5 cm exterior con una profundidad de 3 cm, este último es el requerido, con la información y la ayuda de un software de CAD, se pudo representar el diseño perfeccionado, en la figura 18 se puede apreciar el diseño del molde y en la figura 19 el contra molde.

Figura 18

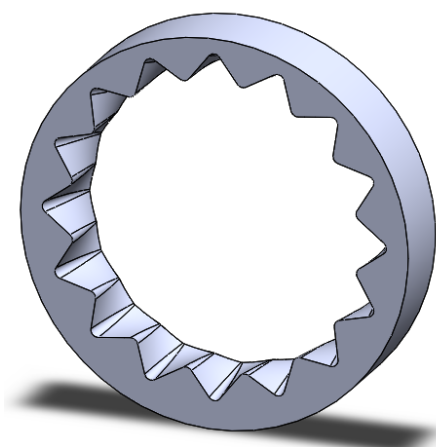
Molde para termoformado.



El contra molde es el encargado de distribuir el calor al material y bridar soporte al momento de iniciar la presión con respecto al molde, esto con el fin de obtener la figura deseada y garantizar el mismo modelo en los futuros procesos. Este molde tiene las siguientes dimensiones profundidad 3 cm, diámetro interno de 12,55 cm y externo de 16 cm, con estas dimensiones garantiza el espacio suficiente para el ingreso del material para su moldeo.

Figura 19

Contra molde para termoformado



Cálculo y diseño de mecanismo

En la tabla 2 se presenta los datos del piñón seleccionado de acuerdo al diseño y modelos presentes en el mercado

Tabla 4

Datos del piñón

Dato	Valor	Unidad
Número de dientes (Z)	40	-----
Diámetro exterior	70	Milímetros
Ancho del piñón	30	Milímetros

Para determinar el módulo del sistema piñón y cremallera, se determina mediante la siguiente fórmula:

$$m = \frac{D_e}{z + 2}$$

Remplazando valores

$$m = \frac{70}{40 + 2} = 1,6667$$

La altura del diente mediante la siguiente formula

$$h = 2,25 * m$$

Remplazando valores

$$h = 2,25 * 1.667 = 3,75mm$$

Para determinar el paso mediante la siguiente formula

$$P = \pi * m$$

Donde remplazando valores se obtiene

$$P = \pi * 1.667 = 5,237$$

Con estos valores se procede a diseñar con la ayuda de un software CAD la cremallera del sistema.

Selección de placa de inducción

Se conoce que el taller de Joe's Fiesta cuenta con una alimentación de 120 V (Fase-Neutro), por ende, se debe instalar una placa de inducción que funcione con este nivel de

voltaje. Las dimensiones para la selección de la placa de inducción deben ser de acuerdo a la tabla 5.

Tabla 5

Características de diseño de la máquina

Características	Dimensiones		Unidades
Voltaje	120		Voltios
Área de trabajo	Largo	60	Centímetros
	Ancho	40	
Alto de la mesa a la superficie	8		

Con las condiciones previamente descritas se realizó una investigación con diversos proveedores y se pudo encontrar en el mercado la “*Smart Cooker*”, cuyas características se presentan en la tabla 6.

Tabla 6

Características Smart Cooker

Características	Dimensiones	Unidades
Voltaje	120/127	Voltios
Potencia	1400	Watt
Diámetro de la plancha	28,6	Centímetros
Alto	7,5	

Las características técnicas de la plancha de inducción “*Smart Cooker*” se adaptan de acuerdo a los parámetros eléctricos y de diseño presentes, garantizando el correcto funcionamiento.

Ensamblaje e instalación de la placa de inducción

Con las piezas necesarias diseñadas, mecanizadas y adquiridas, se procede al ensamblar cada una de los segmentos, con la finalidad de conformar la máquina moldeadora de platos por termoformado a inducción.

El eje con cremallera, el molde macho y el cuerpo de la máquina se coloca en su sitio en primer lugar, ya que esta debe moverse en su propio eje para así encaje el piñón.

Figura 20

Ensamblaje molde macho con la cremallera



Figura 21

Ubicación correcta de la cremallera en el cuerpo de la máquina



Con la cremallera ubicada de forma correcta se puede armar el eje con el piñón.

Figura 22

Piñón de 40 dientes



Figura 23

Ensamble de piñón en eje



El elemento encargado en mantener el eje del piñón en su posición y facilitar el movimiento es la chumacera, ubicadas una en cada lado del cuerpo de la máquina. Al cuadrar el piñón y la cremallera se lo debe realizar con precaución ya que se desea conservar de la mejor manera los dientes de la cremallera con el piñón. Este proceso se lo realiza ingresando

solo el eje y dentro de la máquina ubicar el piñón con delicadeza y tomando en cuenta que encajen los dientes de ambas partes.

Figura 24

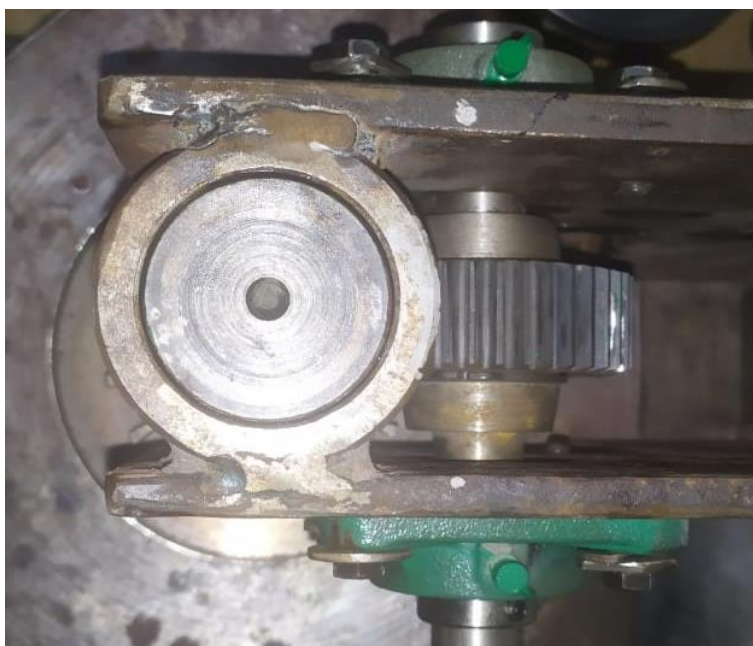
Chumacera



Figura 25

Chumacera izquierda



Figura 26*Chumacera derecha***Figura 27***Encuadre de piñón y cremallera (Gear and rack housing)*

La instalación de la palanca es fundamental, ya que esta es la encargada de transmitir la fuerza al mecanismo. Se instala al final del eje de la cremallera. Además de colocar el molde hembra en la base de la mesa.

Figura 28

Ensamblaje de palanca y molde hembra.



El ensamblaje de la placa de inducción se lo realiza debajo de la mesa, tomando en cuenta que la bobina de la máquina de inducción este por debajo del molde hembra. La instalación eléctrica debe estar ubicada a máximo 1,5 m de distancia ya que esta es la longitud del cable, además de garantizar un buen flujo de aire para su ventilación. Hay que considerar que el control de la plancha de inducción debe estar situado en un lugar aislado del calor que pueda producir la máquina, para así salvaguardar la integridad del mismo.

Figura 29

Ensamble de la plancha de inducción

**Figura 30**

Colocación de control de la plancha de inducción al borde de la mesa



Pruebas de funcionamiento

En las pruebas de funcionamiento se toma en consideración el material que se quiere moldear, en este caso la cartulina dúplex. Los platos son empacados y despachados por docena por lo cual se le coloca la cantidad de platos necesarios en el molde hembra.

Figura 31

Colocación del material en el molde hembra.



Con el material colocado se procede a la configuración para el calentamiento de molde, se programa a 15 minutos a máxima potencia, este es el tiempo que demora el molde hembra en calentarse, una vez que haya transcurrido este tiempo se baja el molde macho y se espera 8 minutos, para levantar el molde. Con mucho cuidado se retira el material el molde hembra teniendo como resultado una docena de platos de cartón listo para empacar.

Figura 32

Desplazo de molde macho para moldear la docena de platos.

**Figura 33**

Tiempo de espera para retirar el molde.



Figura 34

Finalización de tiempo

**Figura 35**

Retiro de molde macho



Figura 36

Retiro de material

**Figura 37**

Empacado de docena de platos de cartulina



Capítulo IV
Análisis y resultados

Análisis de costos

Considerando la máquina con el procedimiento tradicional se obtiene la siguiente tabla

Tabla 7

Valores de producción sin proyecto

	DATOS			COSTO DE	
	t=0			PRODUCCIÓN	
	CANTIDAD	DETALLE	COSTO UNITARIO	ANUAL	
Inversión máquina	1	UNIDADES	\$ 717,00	-	
Materia prima	15000	UNIDADES	\$ 0,0055	\$ 792,00	
Mano de obra	1	UNIDADES	\$ 166,00	\$ 2608,00	
Energía por GLP consumida de la máquina	3	15 Kg	\$ 3,50	\$ 2.520,00	
Gastos administrativos	12	ÍTEMS	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	
Servicio básico agua	1	-	\$ 3,50	\$ 42,00	
Servicio básico luz	1	-	\$ 3,50	\$ 42,00	
Transporte	16	ENTREGAS	\$ 2,40	\$ 460,80	
Mantenimiento	1	SEMESTRAL	\$ 25,00	\$ 50,00	
Total, inversión				\$ 7712,80	

Nota. Tabla indicadora de inversión total para la producción de 1000 docenas de platos mensuales y anuales.

La siguiente tabla detalla el gasto para la elaboración de la máquina de platos

Tabla 8*Detalle de costo de máquina moldeadora de platos*

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Total
Plancha de acero de 1 cm	1	\$ 180,00	\$ 180,00
Corte plasma de plancha de acero	3	\$ 30,00	\$ 90,00
Chumaceras	2	\$ 12,75	\$ 25,50
Eje de acero de diámetro 5 cm	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Mecanizado de cremallera	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Tubo de acero de 2 in	1	\$ 6,50	\$ 6,50
Corte tubo de acero	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Material y mecanizado de molde hembra	1	\$ 185,00	\$ 185,00
Material y mecanizado de molde macho	1	\$ 148,00	\$ 148,00
Suelda y armado	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Plancha de inducción	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Movilización	1	\$ 15,00	\$ 15,00
		TOTAL	\$ 777,00

Nota. En su mayoría todos los materiales fueron adquiridos en recicladoras, con la finalidad de minimizar gastos.

Considerando la plancha de inducción con potencia de 1400 W de la máquina moldeadora de platos, se tiene la siguiente tabla

Tabla 9*Costos de producción con proyecto*

	DATOS			COSTO DE	
		t=0		PRODUCCIÓN	
	CANTIDAD	DETALLE	COSTO UNITARIO	ANUAL	
Inversión máquina	1	UNIDADES	\$ 777,00	-	
Materia prima	15000	UNIDADES	\$ 0,0055	\$ 792,00	
Mano de obra	1	UNIDADES	\$ 110,00	\$ 1.880,00	
Energía eléctrica					
consumida de la máquina	7	KWh	\$ 0,09	\$ 154,56	
Gastos					
administrativos	12	ÍTEMS	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	
Servicio básico agua	1	-	\$ 3,50	\$ 42,00	
Servicio básico luz	1	-	\$ 3,50	\$ 42,00	
Transporte	16	ENTREGAS	\$ 2,40	\$ 460,80	
Mantenimiento	1	SEMESTRAL	\$ 25,00	\$ 50,00	
Total, inversión				\$ 3.861,36	

A continuación, se presentan las tablas de precios de venta sin proyecto y con proyecto respectivamente.

Tabla 10*Costo actual de venta*

COSTO DE PRODUCCIÓN Y VENTA		
Precio de Producción unitario (P.P)	\$	0,043
Precio de Venta por docena (P.V)	\$	0,51
Utilidad (%)		16
Ganancia	\$	0,08
Precio de Venta al público por docena (P.V.P.)	\$	0,60

Tabla 11*Costo de venta con proyecto*

COSTO DE PRODUCCIÓN Y VENTA		
Precio de Producción unitario (P.P)	\$	0,026
Precio de Venta por docena (P.V)	\$	0,31
Utilidad (%)		94
Ganancia	\$	0,29
Precio de Venta al público por docena (P.V.P.)	\$	0,60

Considerando que la máquina tiene una vida útil aproximadamente de 2 años, y para su fabricación se sacó un préstamo bancario con un interés de alrededor del 16% anual, se puede determinar el valor del proyecto neto.

$$\text{Valor del producto unitario sin proyecto} = 0,043$$

$$\text{Valor del producto unitario con proyecto} = 0,026$$

Obteniendo una variación de:

$$\Delta = 0,043 - 0,026 = 0.017$$

Multiplicando la variación de precios por la cantidad unitarios

$$USD.MES = 0.017 * 15000 = 255$$

Con estos datos se determina el valor presente neto

$$VPN = 255 * \left(\frac{(1 + 0.0133)^{24} - 1}{0.0133 * (1 + 0.0133)^{24}} \right) - 777$$

$$VPN = 448.39$$

Para calcular la tasa interna de retorno (TIR) se considera un año de vida útil del 100% de la máquina de acuerdo a su nivel de trabajo. Considerando una inversión de \$777, y la ganancia mensual de \$210 se obtiene un TIR del 25%.

Evaluación ambiental

Según (Rojas, 2017) y su estudio realizado en cocinas actuales comerciales, enfatiza que tienen una eficiencia de hasta un 65%, además de considerar a Quito, ya que se encuentra a 2850 m.s.n.m rebajando su eficiencia de hasta un 15%. Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos una cocina de inducción tiene una eficiencia del 84% sin importar la altura con respecto al mar.(Andrés & García, 2017)

(Ferreira, 2011) da como referencia a que un barril de 42 galones produce 235.7 kg de CO₂, por lo tanto, la fracción que se oxida es del 100%.

$$1 \text{ galón} = 3,78 \text{ litros}$$

$$1 \text{ litro de GLP} = 550 \text{ gramos de GLP}$$

$$42 \text{ galones} = 158.76 \text{ litros}$$

$$158.76 \text{ litros GLP} = 87,318 \text{kg GLP}$$

Por lo tanto, en un cilindro de 15 kg la presencia de CO₂ es de:

$$15 \text{ kg de GLP} = 40.49 \text{ kg de CO}_2$$

Eficiencia energética

Sabiendo que la eficiencia energética se centra en la tecnología, equipamiento y maquinaria de una edificación, con el fin de tener un máximo ahorro de energía al utilizar estos elementos, motivo por el cual se ve la microempresa en la obligación de cambiar el modelo de fabricación del ítem platos de cartulina. Se consideró que para producir 1000 docenas de platos al mes es necesario ocupar 3 cilindros de GLP produciendo 121,47 kg de CO₂ con una eficiencia del 65%, a comparación con los 84 % de eficiencia que presenta la cocina de inducción y sin generar CO₂ en su funcionamiento.

Actividad económica

La micro empresa Joe's Fiesta desde sus inicios contrató a una gran cantidad de personal, ya que su actividad económica lo demandaba, es ahora cuando se puede actualizar con equipos tecnológicos y utilizando energía renovable, la micro empresa podrá seguir brindando sus servicios a su clientela con productos de mejor calidad. La microempresa ya está despachando este producto en sus tiendas comerciales, presentando una gran acogida de la misma, ya que sus clientes más fieles pueden observar el cambio de radical de su producto platos redondos para pastel.

Manual de funcionamiento

Introducción

La Máquina moldeadora de platos de cartulina por inducción permite modelar el material mediante el calentamiento ejercido por una placa de inducción electromagnética. Este manual ayuda al operario a tener un conocimiento del uso, programación y mantenimiento, para garantizar el buen funcionamiento y prolongar su vida útil.

Objetivo del manual

Capacitar al personal encargado de la máquina moldeadora, con la finalidad de salvaguardar el correcto uso del equipo, así mismo precautelando la seguridad del operador.

Alcance

El equipo está diseñado para técnico operario

Funcionamiento

El equipo se basa en la técnica de termoformado utilizando como fuente energética la energía eléctrica, aplicada a una plancha de inducción electromagnética, que trasmite el calor por conducción al contra molde, material y molde.

Mecanismo

El equipo de termoformado cuenta con un mecanismo de piñón y cremallera, que al rotar el eje desde la palanca del operador transforma el movimiento rotacional a un movimiento lineal, ejerciendo presión al material y de esta manera modelando de acuerdo al molde y contra molde.

Partes

Figura 38

Partes mecánicas de la máquina moldeadora por termoformado.

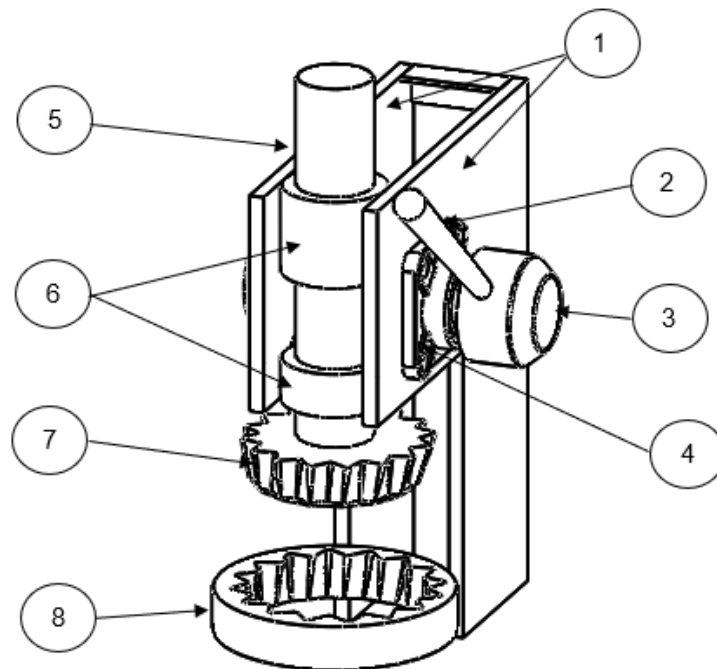
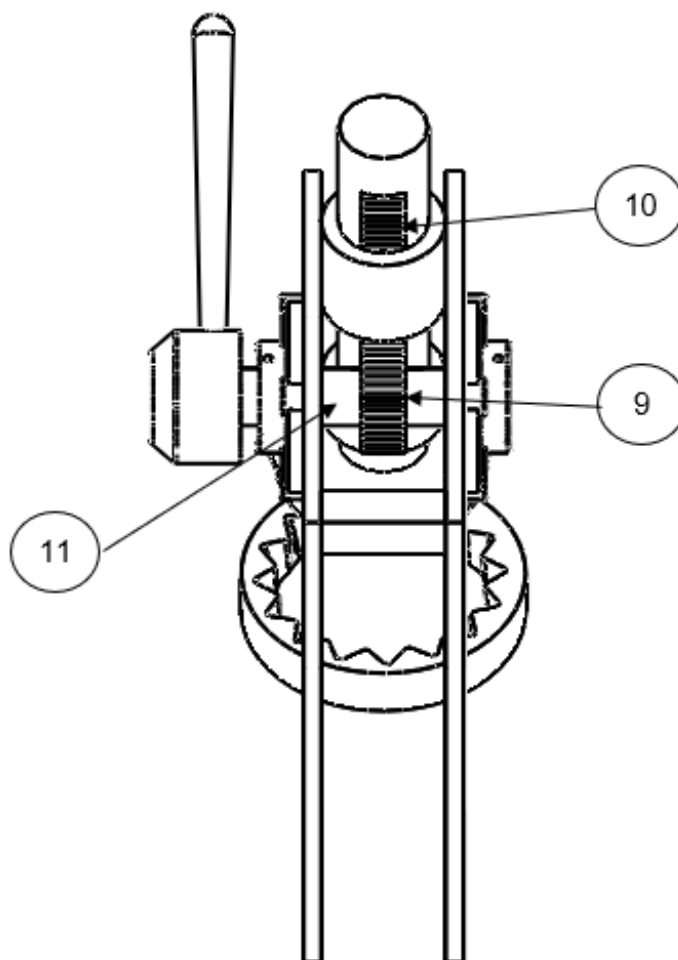


Figura 39

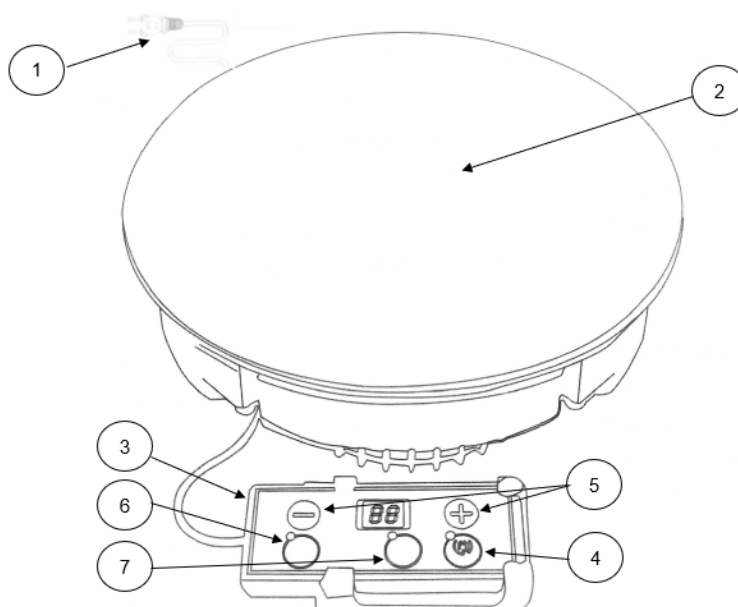
Partes mecánicas vista posterior de la máquina moldeadora por termoformado.



- **Nomenclatura**

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 1. Tapas laterales | 7. Molde |
| 2. Palanca | 8. Contra molde |
| 3. Cabeza de la palanca | 9. Piñón |
| 4. Chumacera | 10. Cremallera |
| 5. Eje vertical | 11. Eje Horizontal |
| 6. Guías | |

Plancha de inducción



- Nomenclatura

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| 1. Toma corriente de 110/120 V AC | 5. Configuración |
| 2. Superficie | 6. Temporizador |
| 3. Control electrónico | 7. Potencias |
| 4. ON/OFF | |

Uso

1. Revisar los niveles de voltaje que sean de 110/120 V AC.
2. Elevar el molde con la ayuda de la palanca.
3. Enchufar la plancha de inducción con el "Tomacorriente de 110/120 v AC", dirigirse al "Control electrónico", encender la plancha de inducción con el botón "ON /OFF", configurar la "Potencia" a la más alta y el "Temporizador" a 20 minutos.
4. Insertar la docena del material a modelar en el "Contra molde", bajar el molde con ayuda de la palanca.
5. Configurar el "Temporizador" a 8 minutos para obtener una docena, si el trabajo es en serie configurar el "Temporizador" al tiempo estimado de uso.

6. Ejercer una leve presión del “Molde” al “Contra molde” con ayuda de la “Palanca”
7. Al escuchar la alarma o de a ver transcurrido 8 minutos levantar el “Molde”
8. Retirar con precaución el material

Apagado

1. Observar que exista material moldeado en el “Contra molde”
2. Presionar el botón “ON/OFF”
3. Regresar a la máquina a su posición inicial (Molde con contra molde)
4. En el control programador presionar ON/OFF

Mantenimiento

Limpiar diariamente la superficie de la máquina Moldeadora, para evitar la acumulación de papeles y polvo.

Se recomienda realizar un mantenimiento del equipo cada 6 meses, engrasando con aceite de máquinas de coser 3 en 1 las partes mecánicas como el “Eje vertical”, “Piñón”, “Cremallera”, “Chumaceras” y “Eje horizontal”

Revisar continuamente los niveles de voltaje y corrientes.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que con la plancha de inducción genera un gasto al mes de \$12,88 en energía eléctrica y con el cilindro de gas de \$10,50, considerando un cilindro de 15 Kg adquirido con valor residencial (subsidiado), además, que con la plancha de inducción se reduce el tiempo de producción en 4,5 minutos por docena a comparación del método tradicional, esto representa un ahorro ya que en cada hora estaría despachando 6,3 docenas a comparación de las 4 con el proceso tradicional.
- La plancha de inducción calienta a todo el contra molde por ser de acero al carbono así evitando tener un solo foco de exposición evadiendo mancha por carbonización del plato que está en contacto con el contra molde, además de su diseño redondeado en sus bordes evitando rasgar el material al bajar el molde e inyectar presión en el mismo.
- La recuperación de la inversión considerando la tasa anual de interés bancario del 16%, es de 15 meses, considerando que la máquina tiene una vida útil de 3 años se garantiza que la microempresa recupere su inversión y lucre con la máquina.
- Con el software CAD se pudo determinar el correcto funcionamiento de cada elemento previo a la adquisición y manufactura, ahorrando a la microempresa una suma importante de dinero, además de adecuar el tamaño y diseño requerido al lugar de trabajo y condiciones del medio.
- El material ocupado es acero al carbono, adquirido en un lugar de reciclaje, así ayudando al ahorro de la microempresa y evitar la contaminación del medio ambiente al reutilizar materiales.

- Se utilizó una chumacera con rodamiento de bolas ya que le trajo no es de velocidad, por lo tanto, este tipo de rodamiento garantiza una larga vida útil y bajo mantenimiento, además de soportar el bajo esfuerzos humanos generados al momento de la producción de platos de cartulina.
- Se realizó pruebas de funcionamiento, obteniendo como resultados que la máquina cumple con el diseño requerido por la microempresa en el ítem platos de cartulina, disminuyendo los tiempos de producción y desperdicios generados.
- La plancha de inducción elimina los riesgos en el trabajo por combustión, ya que, no genera chispas ni llamas, evitando así la combustión con la cartulina.
- El manual de procedimiento y mantenimiento es el adecuado para que cualquier persona pueda ponerse al frente sin necesidad de experiencia en planchas de inducción o mecanismos de piñón y cremallera, ya que es simple, dinámico y gráfico.

Recomendaciones

- Evitar taponamientos en las salidas de ventilación de la plancha de inducción.
- Conectar la plancha de inducción de 110 V – 120 V sola a un tomacorriente, para evitar calentamiento del cable.
- Seguir rigurosamente el manual de funcionamiento y mantenimiento de la máquina.
- No tocar el molde y contra molde por ninguna circunstancia durante la operación de la máquina con cualquier parte del cuerpo desnuda.
- No ingresar objetos en la parte trasera de la máquina, específicamente en el piñón y cremallera.

Bibliografía

Adrián, F. C., & Carballo, J. (2020). *TRANSFERENCIA DE CALOR*.

Andagoya, M., & Guacan, A. (2018). *IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA TERMOFORMADORA DE PLATOS BIODEGRADABLES A BASE DE LA PLANTA DE ABACÁ*.

Andrés, I. L., & García, F. (2017). *METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COCINAS DE INDUCCIÓN PARA EL ECUADOR*.

Applus. (2020, Octubre 28). *Qué es el Termoconformado*.

<https://solucionesdeembalaje.com/que-es-el-termoconformado/>

Areatecnologia. (2019). *Inducción Eléctrica y Electromagnética*.

<https://www.areatecnologia.com/electricidad/inducion-electrica-electromagnetica.html>

Budynas, R. G., & Keith Nisbett, J. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na Edición*.

Callister, W. (2007, julio). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. II*.

<https://books.google.com.ec/books?id=YiWdEYEHBIAC&pg=PA674&dq=conductividad+termica&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwieochHFSLP8AhWoSDABHci2Ai8Q6AF6BAgBEAI#v=onepage&q=conductividad%20termica&f=false>

Capella, F. (2016). *Termoformado: Procedimiento, maquinaria y materiales - Plástico*.

<https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3765-Termoformado-Procedimiento-maquinaria-y-materiales.html>

Ferreira, D. (2011). Understanding human-smartphone concerns: A study of battery life. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6696 LNCS, 19–33. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21726-5_2

Galindo, J., & Durán, M. M. (2017). *Mecanismos en instalaciones artísticas*. <http://cmm>.

Galindo, J., & Durán, M. M. (2018). *Mecanismos en instalaciones artísticas*. <http://cmm>.

- GGB. (2019). *Qué es un rodamiento de rodillos | GGB*. <https://www.ggbearings.com/es/por-que-elegir-ggb/preguntas-frecuentes/cojinetes/que-es-un-rodamiento-de-rodillos>
- Holman, J. P. (Jack P., & Valenzuela M., R. (1998). *Transferencia de calor*. CECSA.
- Koyo. (2001). *RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS Publicación del Catálogo de Rodamientos*.
- McGraw-Hill. (2018). *Máquinas y mecanismos. Mecanismos de transmisión de calor (CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN, RADIACIÓN)*. (s/f).
- NSK. (2020). *TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS RODAMIENTOS*.
- Plásticosol. (2017). *Compresión*.
<https://sites.google.com/site/elmundodelosplasticos/fabricacion/5-5-compresion>
- Plastiglas. (2016). *Manual Técnico Termoformado*.
- Rivera Berrío, J. G. (2018). *Física VOLUMEN III: Vol. III*.
https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Fisica_III/indexb.html
- Rojas, F. (2017). Análisis Experimental del Rendimiento Térmico, Potencia y Emisiones de Cocinas Anafe a Gas Licuado de Petróleo para Altitudes entre 2200 Y 4200 metros. *Información Tecnológica*, 28(4), 179–190. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400020>
- Tama, A. (2017). *COCINA DE INDUCCIÓN VERSUS COCINA A GAS (GLP)*.
- Theodore, W. (2007). *Theodore Wildi Sexta Edición Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. www.pearsoneducacion.net

ANEXOS